



**MANUAL DE FISILOGIA VEGETAL -
FISILOGIA DA PRODUÇÃO DE CULTIVOS VOL. II**

PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO
COORDENADOR

COGUMELOS COMESTÍVEIS
Pleurotus ostreatus

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

MANUAL DE FISIOLOGIA VEGETAL:
FISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DE CULTIVOS

v. 2

DOI: 10.11606/9786587391779

PAULO ROBERTO DE CAMARGO E CASTRO

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor em Agronomia, Professor Adjunto, Livre
Docente e Professor Titular da Escola Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.
(Coordenador)

RICARDO ALFREDO KLUGE

Engenheiro Agrônomo, M.S., Doutor em Agronomia, Livre Docente e Professor
Associado da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da
Universidade de São Paulo, Piracicaba, S.P.

NATÁLIA COUTO SALIB

Engenheira Agrônoma, M.S., Doutoranda em Fisiologia e Bioquímica de
Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de
São Paulo, Piracicaba, S.P.
(Colaboradores)

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Reitor - Prof. Dr. Carlos Gilberto Carlotti Junior

Vice-reitora - Prof^a. Dr^a. Maria Arminda do Nascimento Arruda

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”

Diretora - Prof^a. Dr^a. Thais Maria Ferreira de Souza Vieira

Vice-diretor - Prof. Dr. Marcos Milan

**Catálogo na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Manual de fisiologia vegetal: fisiologia da produção de cultivos [recurso eletrônico]. - -
coordenador Paulo Roberto de Camargo e Castro; colaboradores Ricardo Alfredo Kluge e
Natália Couto Salib. - - Piracicaba : ESALQ-USP, 2025.
v.2. : il.

ISBN: 978-65-87391-77-9
DOI: 10.11606/9786587391779

1. Fisiologia vegetal 2. Plantas cultivadas 3. Biologia vegetal 4. Ecologia vegetal I. Castro, P.
R. de C. e., coord. II. Kluge, R. A., colab. III. Salib, N. C., colab. IV. Título

CDD 581.1

Elaborada por Maria Angela de Toledo Leme - CRB-8/3359

Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Common



Presença de Deus

Religião e ciências da natureza envolvem, em seu exercício, a afirmação de Deus. Na religião Deus está no começo e para as ciências da vida está no termo do raciocínio.

Max Planck

PREFÁCIO

Este livro é destinado principalmente às disciplinas das áreas de Fitotecnia e de Horticultura nos níveis de graduação e de pós-graduação das faculdades de Agronomia. O texto poderá ser utilizado também por professores e estudantes das áreas de Biologia e Ecologia Vegetal, Agricultura e Pastagens, além de outras disciplinas afins, pois propicia a base necessária para a abordagem científica destas disciplinas. Esta obra abrange conhecimentos ecofisiológicos de 25 plantas cultivadas.

Para a solução de problemas com essas culturas em condições de campo e maximizar a produção econômica, a obra torna-se indispensável aos agrônomos, consultores e produtores que vivem o dia-a-dia nos sistemas de produção agrícola.

Atenção especial foi dada à extensão e aos temas tratados em cada cultivo de forma a apresentar os fundamentos mais relevantes. A bibliografia citada encontra-se no final do texto referente a cada cultivo.

Todos os autores de cada texto realizaram o trabalho durante o curso de Pós-Graduação da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, disciplina de Fisiologia da Produção de Cultivos.

O Brasil desponta como um dos maiores e mais eficientes países produtores agrícolas do mundo, devido ao conhecimento desenvolvido pelos pesquisadores e das novas tecnologias incorporadas aos diferentes manejos de cada cultivo. A nova fronteira da ciência agrônoma oferece oportunidade para uma transformação dos sistemas agroalimentares, que possibilita produzir em novos ambientes inóspitos. Faz-se necessário dar solidez à essa agenda através da biofortificação, nutrição mineral, disponibilidade hídrica e agricultura digital, rumo à uma maior eficiência e sustentabilidade das plantas cultivadas.

P.R.C.C.

R.A.K.

N.C.S.

**DISCENTES COLABORADORES DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
DA ESALQ-USP:**

Alexandre Fameli Mammana	Luisa Carolina Baccin
Alice Zinneck Poça D'Água	Maíra Paes Lacerda
Antonio Fernandes Nogueira Júnior	Marcella Carvalho Chaves
Artur Bernardeli Nicolai	Marco Antonio Pereira de Ávila
Bruna do Amaral Brogio	Marina Mengardo Gouvêa
Carlos Henrique Queiroz Rego	Natália Couto Salib
Catherine Amorim	Nielsen Moreira Oliveira
Cesia Ester Flores Herrera	Patrícia Aparecida Galletti
Cristiane Calaboni	Pedro Henrique Rodrigues da Silva
Edypol Guilherme Baptista	Raquel M. Antunes
Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva	Thaís Pádua de Freitas
Fabio Ernesto Martínez Maldonado	Thiago Machado da Silva Acioly
Felipe Carrara de Brito	Walleska Silva Torsian
Felipe Fadel Sartori	Yane Caroline dos Anjos Bezerra
Flávia de Moraes Franco	
Gabriel Sgarbiero Montanha	
Glória Soriano Vidal	
Guilherme A. Buonadio	
Guilherme Henrique Oliveira Castro	
Hellen Cristina da Silva	
Isabela Scavacini de Freitas	
Isabella Tavares de Oliveira Silva	
Letícia Gonçalves Gasparotto	
Lucas Sousa Capelaro	
Lucília C. Giordano	

CONTEÚDO

COGUMELOS COMESTÍVEIS	7
CHIA	35
GUARANÁ.....	59
ORA-PRO-NÓBIS.....	71
CÂNHAMO	95
LINHO	129
OLIVEIRA.....	153
PINHÃO MANSO	175
RAMI	189
SISAL.....	213
TECA	239
JAQUEIRA	263
LONGAN.....	278
PITANGUEIRA.....	301
PITAYA.....	317
BRÓCOLIS	337
COUVE.....	357
MELANCIA.....	375
MELOEIRO	389
PIMENTÃO.....	409
QUIABO	429
BRAQUIÁRIA.....	447
CRISÂNTEMO.....	471
GLADÍOLO	493
ROSEIRA.....	509

COGUMELOS COMESTÍVEIS



COGUMELOS COMESTÍVEIS

Pedro Henrique Rodrigues da Silva

1. Importância socioeconômica

O cultivo de cogumelos comestíveis no Brasil é praticado desde o início do século XX, no entanto, desenvolveu-se na década de 60 com a chegada de imigrantes chineses no estado de São Paulo, na região de Mogi das Cruzes. A produção nacional de cogumelos comestíveis se iniciou com o cultivo do ‘Champignon de Paris’, o fungo *Agaricus bisporus*, cuja popularização no hábito alimentar dos brasileiros se deu na região centro-sul há aproximadamente 40 anos. No entanto, atualmente outras espécies também são

comercialmente cultivadas no Brasil, com destaque para *Lentinula edodes* (Shiitake) e *Pleurotus ostreatus* (Shiimeji ou Hiratake), sendo essas as três espécies mais consumidas e cultivadas no país (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa de produção das principais espécies de cogumelos comestíveis cultivados no Brasil no ano de 2014 (Adaptado de Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, 2014).

Espécie cultivada	Produção estimada (t/ano)
<i>Agaricus bisporus</i>	8.000
<i>Pleurotus spp.</i>	2.000
<i>Lentinula edodes</i>	1.500
Outros	550

Atualmente, no Brasil, o cultivo de cogumelos comestíveis de modo geral ainda é realizado por pequenos produtores rurais atendendo apenas ao mercado local, que utilizam métodos rudimentares e de baixa tecnologia quando comparado aos principais produtores mundiais, como a China, Itália, Estados Unidos e Holanda. Mundialmente, segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization), no ano de 2019 houve uma produção de cogumelos estimada em 11,9 milhões de toneladas, onde 75% da produção é atribuída a China, que também é o principal consumidor mundial deste produto. O mercado de fungos movimenta US\$ 35 bilhões no mundo ao ano e a expectativa é de um aumento de 9% no ano de 2021.

O baixo consumo per capita de cogumelos no Brasil, de apenas 160 gramas anuais, está muito abaixo de países como a China (oito quilos), Alemanha (quatro quilos), França (dois quilos) e Itália (um quilo e trezentos gramas). Esse fato está associado a questões culturais, influenciado pela colonização portuguesa que, não possuía o hábito de consumir cogumelos (Dias, 2010). No entanto, uma mudança suave tem sido observada nos últimos anos na fungicultura brasileira, produtores têm investido em técnicas e profissionalização do cultivo de cogumelos, refletindo num aumento significativo da produção e consumo em determinadas regiões do Brasil, sendo a região Sudeste a principal região produtora do país, devido principalmente à grande imigração de asiáticos para esta região e clima favorável a esta atividade (Dias, 2010).

Importante salientar que esta revisão não tem por objetivo ser um manual de cultivo de cogumelos comestíveis, a cobertura completa das técnicas de cultivo relevante está fora de questão em uma pesquisa dessa extensão um tanto limitada, no entanto, nos tópicos a seguir serão discutidos os principais aspectos fisiológicos relacionados ao cultivo dos principais cogumelos comestíveis cultivados no Brasil e no mundo.

2. Classificação taxonômica, origem e distribuição geográfica

Todos os cogumelos comestíveis cultivados comercialmente como alimento pertencem ao filo Basidiomycota, um grande grupo de fungos que compreende cerca de 32.000 espécies conhecidas, o que representa cerca de 37% das espécies fúngicas descritas.

O filo Basidiomycota divide-se em três grupos evolutivos distintos que recebem o status de subfilo: Ustilaginomycotina, Pucciniomycotina e Agaricomycotina, sendo este último tradicionalmente conhecido como Hymenomycetes, grupo que contém cerca de 21.400 espécies descritas, quase 65% dos basidiomicetos conhecidos. Além disso, cerca de 98% das espécies de *Agaricomycotina* estão em uma classe denominada Agaricomycetes [táxon equivalente a Homobasidiomycetes (Hibbett; Thorn), nesta classe encontra-se a ordem *Agaricales* (subclasse Agaricomycetidae), que possui mais de 13.200 espécies distribuídas em cerca de 410 gêneros atribuídos às 33 famílias existentes, sendo compostas pelos fungos formadores de cogumelos, incluindo mais da metade de todas as espécies conhecidas de homobasidiomicetos, onde estão todos os cogumelos cultivados discutidos nesta revisão (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação taxonômica de cogumelos comestíveis mais cultivados no Brasil

Reino ¹	Fungi	Fungi	Fungi
Filo	Basidiomycota	Basidiomycota	Basidiomycota
Subfilo	Agaricomycotina	Agaricomycotina	Agaricomycotina
Classe	Agaricomycetes	Agaricomycetes	Agaricomycetes
Subclasse	Agaricomycetidae	Agaricomycetidae	Agaricomycetidae
Ordem	Agaricales	Agaricales	Agaricales
Família	Agaricaceae	Marasmiaceae	Pleurotaceae
Gênero	<i>Agaricus</i>	<i>Lentinula</i>	<i>Pleurotus</i>
Espécie	<i>A. bisporus</i>	<i>L. edodes</i>	<i>P. ostreatus</i>

¹ Informações baseadas no estudo AFTOL (Assembling the Fungal Tree of Life).

Baseado em análises filogenéticas moleculares mais recentes, o reino dos fungos é reconhecido como um dos maiores, mais antigos e bem-sucedidos clados de organismos vivos

da Terra, representando um grupo monofilético que divergiu de um ancestral comum com os animais cerca de 800 até mais de 900 milhões de anos atrás, enquanto o subfilo Agaricomycotina que abriga os cogumelos comestíveis cultiváveis, provavelmente se originou entre 380 e 960 milhões de anos atrás (Moore et al., 2020).

O cogumelo *A. bisporus* é considerado nativo das pastagens da Europa ('*Champignon*', de origem francesa) e América do Norte (cultivar Portobello), sendo cultivado por todo o mundo. O shiitake (*L. edodes*) é um cogumelo comestível nativo da Ásia Oriental (Japão, China e Coreia), ocorrendo nesses países desde os tempos pré-históricos, sendo atualmente encontrado nas regiões tropicais e subtropicais da América do Norte e do Sul, Ásia e Austrália (Soković et al., 2020). Com origem no final do Eoceno na Ásia Oriental, o cogumelo *P. ostreatus* se dispersou para o resto do mundo em diferentes períodos históricos (Li et al., 2020), estando disseminado em muitas florestas temperadas e subtropicais em todo o mundo, com exceção do noroeste do Pacífico da América do Norte.

Os primeiros registros escritos sobre cogumelos datam de 450 a.C., quando em um epigrama de Eurípedes foi relatado a morte de uma família devido ao envenenamento por cogumelos. No entanto, diversos registros históricos relatam o uso de cogumelos por diversas civilizações, por exemplo, hieróglifos escritos há 4600 anos confirmam a utilização de cogumelos pelos egípcios em suas práticas religiosas, além de serem considerados alimento real, para consumo exclusivo de faraós. Outros documentos descrevem que os gregos atribuíam aos cogumelos poderes mágicos, enquanto os romanos considerava-os alimento dos deuses. Atribui-se também ao Império Romano o primeiro antídoto para cogumelos venenosos, uma vez que uma receita detalhada desse antídoto foi encontrada por arqueólogos nos destroços de Pompéia durante o século XVIII. Também se tem conhecimento que na América Central, México e Guatemala as civilizações pré-colombianas faziam uso de cogumelos nos seus rituais.

Inicialmente extrativista, o cultivo de cogumelos evoluiu e sofisticou-se, originalmente o primeiro cultivo intencional de cogumelos ocorreu na China há mais de 1400 anos, em torno do século VI. A primeira espécie cultivada foi *Auricularia auricula*, aproximadamente no ano de 600 d.C., em seguida *Flamulina velutipes*, no ano 800 d.C. e a terceira espécie *L. edodes*, no ano de 900 d.C. No entanto, apenas em 1707 d.C. com o primeiro relato de uma técnica de cultivo para *A. bisporus*, a produção comercial de cogumelos foi formalizada, devido principalmente à combinação entre a grande produtividade e o desenvolvimento da França nas artes culinárias impulsionando o cultivo comercial pelos dois séculos seguintes e expandindo-se por todo o mundo, estando presente nas receitas mais sofisticadas, tanto da culinária

oriental, quanto da ocidental. Os cogumelos comestíveis apresentam uma ampla distribuição geográfica na natureza, podendo ser encontrados em todos os continentes (com exceção da Antártida), no entanto, a produção mundial expressiva de cogumelos se concentra em apenas alguns países como China, Itália, Estados Unidos e Holanda.

3. Ecologia, anatomia, morfologia e composição nutricional

3.1 Ecologia de cogumelos comestíveis

O papel ecológico mais importante dos fungos é o de decompositores, sem eles a reciclagem da matéria orgânica na natureza estaria potencialmente prejudicada e dificultaria diversas formas de vida. Ambientalmente, os cogumelos têm um impacto positivo especialmente em dois aspectos: primeiro pela bioconversão de biomassa orgânica em alimentos e produtos úteis, aumentando a fertilidade do solo por meio de sua capacidade de quebrar e dissolver compostos complexos em elementos simples e fáceis de usar; e pela capacidade de reduzir ou eliminar os poluentes ambientais por decomposição ou adsorção.

Por serem organismos heterotróficos, ou seja, não produzem seu próprio alimento devido ausência de clorofila, os cogumelos crescem em matéria orgânica e de forma parasitária ou simbiótica com outros organismos vivos. No caso dos cogumelos comestíveis discutidos neste capítulo, todos possuem o hábito saprofítico, ou seja, se alimentam absorvendo substâncias orgânicas normalmente provenientes de matéria orgânica em decomposição.

O cogumelo *A. bisporus* não é tão comum na natureza, quando encontrado, quase sempre é em pastagens permanentes ou em outros locais gramíneos após chuvas, em solos ricos em nitrogênio, espontaneamente em canteiros, estufas e perto de montes de esterco. O requisito de temperatura para a propagação do micélio ou o crescimento vegetativo é de 22 a 25°C e, para o estágio reprodutivo de 14 a 18°C. Esse cogumelo cresce naturalmente em pastagens e campos na América do Norte e na Europa (Hayes, 1978; Islam, 2015).

O cogumelo *L. edodes* cresce em madeira morta de uma ampla variedade de hospedeiros arbóreos, é um fungo decompositor de madeira capaz de utilizar lignina, celulose e hemicelulose como fontes de carbono e pode ser encontrado crescendo em grande parte do leste da Ásia, especialmente Japão e China, mas não se estende às zonas mais frias ou mais tropicais, preferindo uma temperatura ótima de cerca de 24°C para seu desenvolvimento, e entre 12 e 20°C para frutificação (Islam, 2015). No Brasil, o seu cultivo foi estabelecido principalmente nas Regiões Sul e Sudeste, devido às condições climáticas favoráveis.

O cogumelo comestível *P. ostreatus* constitui um componente essencial em ecossistemas de floresta e pastagem por causa de seu papel como decompositor de uma grande variedade de substratos lignocelulósicos, como árvores decíduas, árvores coníferas, bem como ervas da família Apiaceae, sendo um importante agente primário de decomposição de madeira, possuindo habilidade de quebrar a cadeia de celulose e lignina, sem uma prévia preparação química ou biológica. Sendo facilmente encontrado em florestas de todo o mundo, adaptado a uma ampla variedade de ambientes, desde condições úmidas a semiáridas e de florestas temperadas a subalpinas, no entanto, necessita de temperaturas moderadas de 22 a 28°C para o seu crescimento (Islam, 2015; Li et al., 2020). Uma característica interessante desse fungo é sua capacidade de capturar e se alimentar de nematoides utilizando-se de armadilhas feitas com suas hifas.

3.2 Morfologia e anatomia

3.2.1 Características morfológicas

Cogumelos, tais como os veem, são basidiocarpos (corpos de frutificação – estrutura de reprodução sexuada) carnosos visíveis a olho nu de fungos basidiomicetos da ordem Agaricales. De maneira geral, esses basidiocarpos são compostos por volva, estipe (talo), anel e píleo (chapéu), estando localizadas na parte inferior do píleo as lamelas com himênios, onde são produzidos basídios e basidiósporos (Figura 1). Os basidiocarpos podem apresentar diferentes formas e coloração, conforme a espécie do cogumelo. Já a parte vegetativa de um cogumelo é formada por filamentos denominados hifas, cujo conjunto é chamado de micélio, o qual serve para colonizar o substrato e obter os nutrientes e, pelo seu crescimento, aumentar a área de exploração e originar o cogumelo (Webster; Weber, 2007).

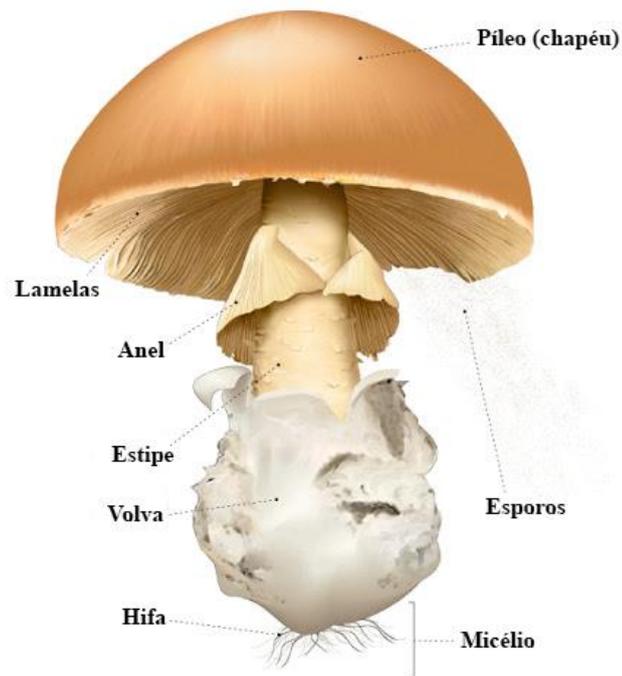


Figura 1. Estrutura de um cogumelo. Píleo: parte superior do cogumelo com formas e cores variáveis que protege as lamelas, geralmente se assemelha a um guarda-chuva; Lamelas: parte do cogumelo produtora de esporos, localizada abaixo do píleo; Anel: membrana localizada abaixo do píleo e circundando a estipe, remanescente de uma membrana que cobria as lamelas do cogumelo imaturo e se rompia à medida que o píleo crescia; Estipe: eixo que apoia o píleo do cogumelo; Volva: remanescente de uma membrana que cobria completamente o cogumelo imaturo e se rompia à medida que a estipe crescia; Hifa: pequeno filamento, geralmente branco, que absorve água e matéria orgânica necessária para o desenvolvimento do cogumelo; Esporos: corpos reprodutivos microscópicos geralmente lançados no ar e caindo sobre um substrato para produzir novos cogumelos; Micélio: emaranhado de hifas de onde se desenvolve a parte superior do cogumelo (Adaptado de Ukwuru et al., 2018).

O micélio dos cogumelos é dividido entre micélio primário, secundário e terciário. O micélio primário é originado da germinação do basidiósporo, sendo inicialmente cenocítico e multinucleado devido as repetidas divisões nucleares mitóticas que ocorrem durante a germinação, no entanto, septos transversais são formados tornando as células do micélio uninucleadas (micélio haploide). Como parte do ciclo sexual, as hifas monocarióticas compatíveis geneticamente sofrem plasmogamia (somatogamia), ou seja, se fundem iniciando a formação de um micélio dicariótico e heterocariótico, constituindo o micélio secundário. Enquanto o micélio terciário refere-se ao micélio constituinte do basidiocarpo, que pode ser composto por três tipos de hifa em cogumelos da classe Agaricomycetes: hifas geradoras, de paredes finas, férteis e são responsáveis pela formação dos basídios e outros tipos de células que constituem o himênio, além de originarem outros tipos de hifas a partir das quais o basidiocarpo é construído, por isso estão universalmente presentes em todos os basidiocarpos em algum estágio de desenvolvimento; hifas do esqueleto, de parede grossa, estéreis, não

ramificadas, surgem como ramos laterais de hifas geradoras e formam uma estrutura rígida; e hifas de ligação, com parede grossa, estéreis, ramificadas e de crescimento limitado, essas hifas se entrelaçam entre as outras hifas e as unem. No entanto, a maioria dos basidiocarpos da ordem Agaricales são monomíticos, significando que são compostos apenas de hifas geradoras. Algumas características anatômicas das hifas dos cogumelos é que elas possuem paredes multiestratificadas, são regularmente septadas e apresenta um poro central complexo nos septos, chamado de septo dolipórico ou doliporo (Webster; Weber, 2007).

3.2.2 Características morfológicas e anatômicas específicas

A. bisporus

Péleo possui de 2,5–14 cm de diâmetro, convexo a quase redondo no início, expandindo para amplamente convexo ou quase plano, seco, calvo ou com fibras comprimidas ou escamas muito pequenas, branco em algumas variedades cultivadas (ex. ‘Champignon de Paris’), (Figura 2a), marrom em outras (ex. ‘Portobello’), (Figura 2b) e frequentemente tornando-se rosado a avermelhado quando manipulado. Lamelas livres da estipe, estreitas, frequentemente curtas, rosada a rosa no início, tornando-se marrom escuro a quase preto (Figura 2c). Estipe de 2–7 cm de comprimento e 1–2,5 cm de espessura, mais ou menos uniforme, calva ou com pequenas escamas, branca, frequentemente com hematomas avermelhados a acastanhados, com um anel fino que pode desaparecer na maturidade e com a superfície abaixo do anel escamosa (Figura 2c). Contexto (porção carnosa interna) de coloração branca e textura firme, geralmente com hematomas e manchas rosadas a avermelhadas, depois lentamente acastanhadas (Figura 2d, e). Basidiósporos marrom escuro, com 6-8 x 5-6 μm de dimensão, elipsoides, lisos, paredes espessas e acastanhadas em KOH (Figura 2f). Basídias principalmente com dois esporos (motivo pelo qual a espécie chama-se *A. bisporus*), (Figura 2g). Cistídio de 20-30 μm de comprimento, clavado, suave, de paredes finas e de coloração hialina em KOH. Pleurocistídio não encontrado. Outras informações: odor e sabor agradáveis; KOH negativo na superfície do péleo; esporos difíceis de serem obtidos em cogumelos comprados em lojas (Kuo, 2018).

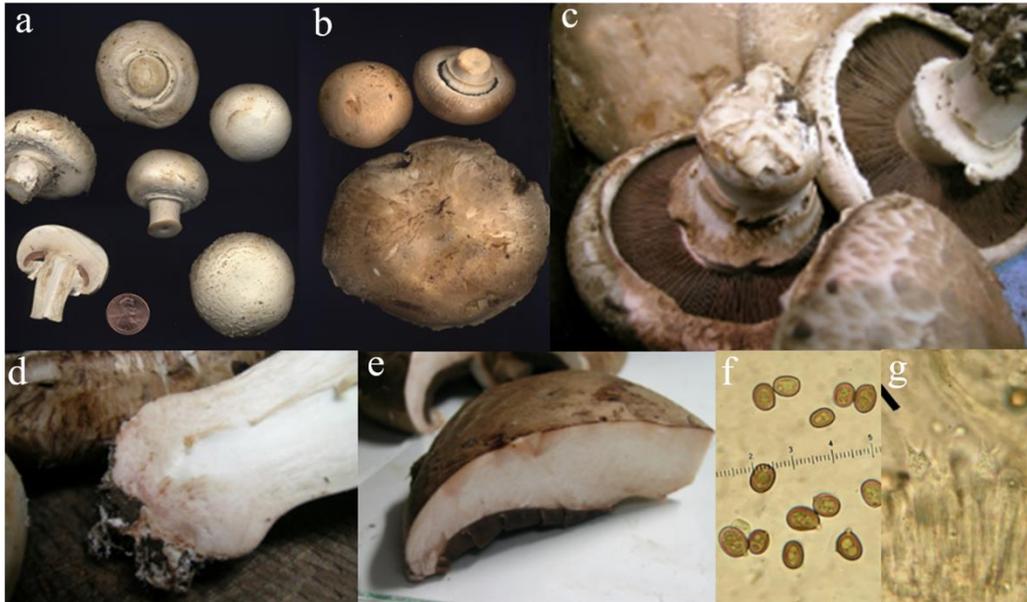


Figura 2. Características morfológicas do cogumelo *Agaricus bisporus*. (a) ‘Champignon de Paris’; (b) ‘Portobello’; (c) lamelas e estipe; (d, e) contexto; (f) basidiósporos; (g) basídia contendo dois basidiósporos (Adaptado de Kuo, 2018).

L. edodes

Píleo de 5-15 cm de diâmetro, carnoso, convexo a aplanado, subumbonado ou deprimido, a cor da superfície varia de pardo, castanho-avermelhado a marrom escuro, sendo mais escuro no centro, frequentemente muito pálido nas margens em espécimes jovens, seco, liso, embora logo apresente escamas triangulares comprimidas inatas ou tornando-se rachado e profundamente fissurado, expondo o contexto branco subjacente (Figura 3a, c, f). As lamelas são adnexas-adnatas, às vezes com dente decorrente, logo se separando do estipe para se tornarem livres, esbranquiçadas, possuindo de 4-7 mm de largura, moderadamente cheias, com lamelas de dois tamanhos, com a margem inteira ou fracamente serrilhada (Figura 3b, f). Estipe central ou excêntrico, com 3–7 cm de comprimento e 8-15 mm de espessura, cilíndrico a ligeiramente fusoide, geralmente comprimido, raramente com uma base sub-bulbosa, sólido, superfície marrom claro ou concolorido, sempre mais clara do que o píleo, fibrilosa, lisa e glabrosa acima. Véu pouco desenvolvido, cortinoide, às vezes formando uma zona em anel no estipe, evanescente. Contexto de 5-8 mm de espessura, branco, carnudo duro, de hifas mal entrelaçadas e parede ligeiramente grossa. Basidiósporos de coloração branca, possuindo 5-6,5 x 3-3,7 μm de dimensão, ovoide a ovo-elipsoide, às vezes elipsoide oblongo, hialino, inamiloide, paredes finas, liso e com pouco conteúdo (Figura 3d). Basidia com 17-23 μm de comprimento e 4-5 μm de largura, estreitamente clavado, portando quatro esterigmas (Figura 3e). Pileipélia é uma cútis indefinida de hifas mais ou menos radialmente paralelas, de 2,5-7

µm de diâmetro, pouco inflado, com uma parede marrom claro, e com alguma incrustação superficial nas hifas mais externas (Pegler, 1983).

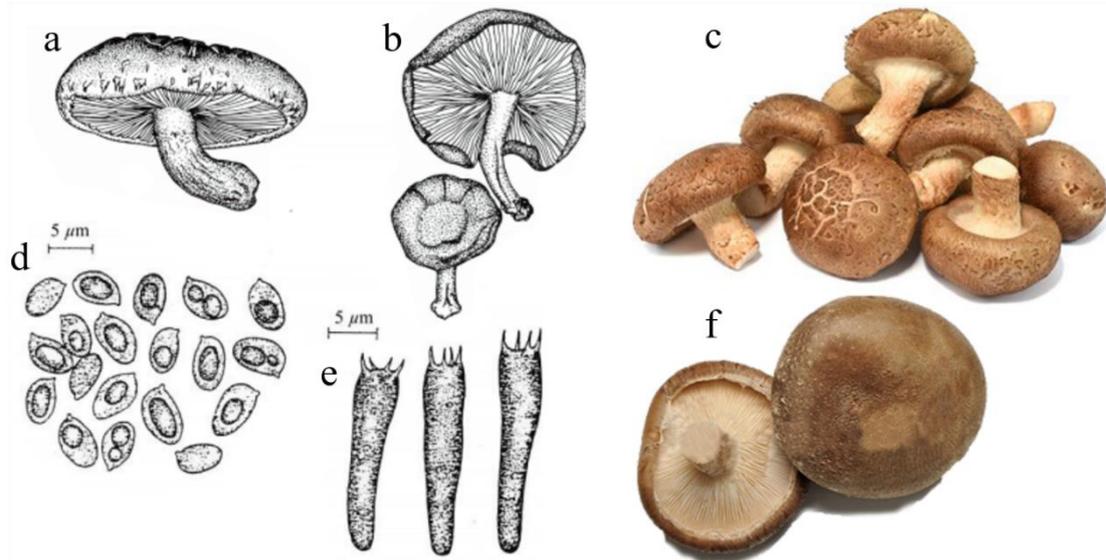


Figura 3. Características morfológicas do cogumelo *Leninula edodes*. (a) píleo; (b) lamelas; (c) corpo de frutificação maduro; (d) basidiósporos; (e) basídias; (f) lamelas e píleo no cogumelo maduro (Adaptado de Pegler, 1983).

P. ostreatus

Píleo possui de 3–15 cm de diâmetro, amplamente convexo, tornando-se plano ou superficialmente deprimido, em forma de rim à em forma de leque no contorno, ou quase redondo quando cresce no topo dos troncos, um pouco gorduroso quando jovem e fresco, calvo, de coloração castanha clara a escuro, às vezes desbotando lentamente e ficando com dois tons, também podem apresentar coloração branca, creme e cinza-azulado ('Columbinus') e a margem é ligeiramente enrugada quando jovem (Figura 4 a, b). Lamelas descendo pelo estipe (ou pseudoestipe), estreitas, frequentemente curtas, esbranquiçadas ou com uma tonalidade cinza, tornando-se amarelada com o tempo e às vezes desenvolvendo bordas acastanhadas (Figura 4a, b). Estipe normalmente rudimentar e lateral (ou quase ausente) quando os cogumelos estão crescendo nas laterais de toras ou árvores, mas às vezes mais ou menos central quando cresce no topo de toras ou galhos, anel ausente, possuindo de 1–7 cm de comprimento por 1–3 cm de espessura, esbranquiçado, peludo a aveludado e firme (Figura 4a, b). Contexto espesso, branco e imutável quando fatiado. Basidiósporos de coloração branca a ligeiramente amarelada ou lilás, possuindo 7–11 x 2–4 µm de dimensão, elipsoide cilíndrico, liso, hialino em KOH e inamiloide (Figura 4c). Basidia com quatro esterigmas e cistídios himenais não encontrados. Pileipélia parcialmente gelatinizada e emaranhada com

2,5–10 µm de largura, lisa, hialina a amarelada em KOH e discretamente presa. Outras informações: odor peculiar e sabor suave; KOH negativo na superfície do píleo (Kuo, 2017).



Figura 4. Características morfológicas do cogumelo *Pleurotus ostreatus*. (a, b) píleo, estipe e lamelas; (c) basidiósporos (Adaptado de Kuo, 2017).

3.3 Composição nutricional

Cogumelos são apreciados pelo seu sabor e textura incomparáveis, mas, além disto, são uma fonte rica em nutrientes, particularmente proteínas, fibras dietéticas, minerais (Na, K, Mg, P e Zn) e vitaminas (A, B6, B12, C e E). Eles contêm de 20–45% de proteína (peso seco), são pobres em lipídios e contêm todos os nove aminoácidos essenciais. A digestibilidade de suas proteínas é boa e classificada abaixo das proteínas animais, mas bem acima de outros alimentos, como vegetais, frutas e leite.

No entanto, a composição química dos cogumelos varia de acordo com a espécie, linhagem, estágio de desenvolvimento do basidiocarpo e substrato em que o cogumelo é cultivado, podendo alterar o teor de proteínas e minerais, além de influenciar o aroma e paladar. A técnica de colheita e processamento pós-colheita também podem influenciar na composição química. A composição nutricional aproximada dos cogumelos discutidos nesta revisão está listada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição nutricional aproximada de alguns cogumelos comestíveis* (Adaptado de Sheika e Hu, 2018).

Espécies	Proteína	Carboidrato	Lipídeos	Fibra bruta	Cinzas
<i>A. bisporus</i>	33,48	46,17	3,10	20,90	5,70
<i>L. edodes</i>	32,93	47,60	3,73	28,80	5,20
<i>P. ostreatus</i>	37,63	43,40	2,47	4,20	10,17

* Todos os valores são mostrados em porcentagem de peso seco

4. Germinação e propagação

A germinação de basidiósporos representa um evento crítico no ciclo de vida dos cogumelos na natureza. Esse é um processo realizado por uma interação muitas vezes delicada entre fatores internos e externos, que muitas vezes é difícil de analisar e compreender. Geralmente, diz-se que um esporo está germinando quando uma hifa ou vesícula germinativa pode ser observada. No que se refere à germinação, deve-se ressaltar que viabilidade não é o mesmo que germinação. Um esporo pode ser viável, sem ser capaz de germinar, porque a germinação ocorre apenas em condições ambientais específicas, que podem não estarem presentes. Por outro lado, a germinação ocorre naturalmente apenas com esporos viáveis. A viabilidade e a germinação sempre desaparecem gradualmente com o tempo.

Basidiósporos podem permanecer dormentes e reter a viabilidade por vários meses ou mesmo por alguns anos se as condições forem inadequadas para a germinação. A dormência é frequentemente exógena, ou seja, os esporos requerem algum estímulo químico ou físico externo antes que a germinação possa ocorrer. Sobre como ocorre a germinação, existem alguns tipos de germinação dentro do filo Basidiomycota, no entanto, normalmente para os cogumelos comestíveis a germinação é direta, pela produção de um tubo germinativo, que geralmente emergem através de um poro germinativo especial no hilo. Como já mencionado, na germinação ocorrem repetidas divisões nucleares mitóticas e os primeiros tubos germinativos podem, conseqüentemente, ser multinucleados e cenocíticos. Os septos transversais são colocados atrás da ponta crescente das hifas e, por fim, dividem as hifas em segmentos que contêm apenas um único núcleo, dando origem ao micélio primário (Webster; Weber, 2007).

A germinação de esporos de *A. bisporus* ocorre facilmente nos meios ágar mais comuns, ligeiramente ácidos, se os esporos foram incubados neles por uma a três semanas. Basidiósporos únicos, entretanto, não germinam sem a presença de micélio em crescimento ativo, esse comportamento foi observado pela primeira vez em 1902, e posteriormente esclarecido, o micélio de *Agaricus* produz um ácido orgânico volátil estimulante de germinação denominado de ácido isovalérico, medida simples que se tornou rotina para garantir um resultado satisfatório de esporos germinados. Resumidamente, o ácido isovalérico (também produzido por leveduras e outros fungos) desencadeia a germinação dos esporos ao superar a autoinibição causada pelo dióxido de carbono interno, produzido metabolicamente. Por uma reação de carboxilação, esse dióxido de carbono é removido ao ser ligado ao β -metilcrotonil-CoA, formado a partir do ácido isovalérico. Além da inibição da germinação

pelo acúmulo de dióxido de carbono, pH abaixo de 3 e acima de 9 também inibem a germinação dos basidiósporos. Quatro processos foram identificados que permitem que a germinação prossiga: (1) remoção do excesso de CO₂, que funciona como um bloqueio metabólico de algumas enzimas no ciclo de Krebs; (2) aceleração da glicogênese a partir do catabolismo de acetil-CoA até o esgotamento das reservas lipídicas no esporo; (3) quebra da trealose e a formação de manitol, e; (4) um aumento no fluxo de carbono pela via das pentoses (desvio da hexose-monofosfato), de acordo com Hayes, 1978.

Em *L. edodes*, por exemplo, o primeiro sinal da germinação de um basidiósporo é o espessamento da camada interna do exospório (camada superficial externa dos esporos maduros) e a vacuolização. Isso é seguido pelo alongamento do esporo, inicialmente em comprimento. Este fungo não produz um tubo germinativo típico. A divisão nuclear ocorre por meio de constrição na porção mediana de um núcleo alongado cuja membrana nuclear sempre persiste. Do esporo germinado cresce uma hifa homocariótica de três a quatro células, após um lapso de 18 horas em meio de cultura artificial. Os esporos de *P. ostreatus* germinam facilmente em meios líquidos e superfícies úmidas, com uma germinação aproximada de 100% dentro de dois dias.

Na natureza, os esporos germinam e crescem muito mal, portanto, outro método para semear o substrato para produção de cogumelos é necessário. Para o cultivo comercial, a propagação ocorre através do chamado *spawn*, equivalente a “semente” do cogumelo, comparável à semente vegetativa das plantas cultivadas. A utilização de um inóculo sadio (*spawn*) isento de contaminantes é primordial para o início do cultivo artificial. O *spawn* é meramente o micélio vegetativo de um cogumelo selecionado, cultivado em um meio conveniente, que servirá como propágulo da cepa particular do cogumelo que a semente produzirá. De uma maneira geral, a preparação do *spawn* é bastante exigente, uma tarefa altamente técnica que não é prática para a maioria dos produtores de cogumelos, portanto, é maioritariamente produzido por empresas especializadas que abastecem os produtores com *spawn* de cultura pura, após seleção de uma linhagem que apresente alta produção e uniformidade dos corpos de frutificação, produtividade elevada, precocidade, resistência a pragas e doenças.

O *spawn*, em geral, é caracterizado por grãos de cereais esterilizados a vapor (podendo ser trigo, arroz, milho, centeio, etc) impregnados com o micélio do fungo, obtido de uma cultura pura, o qual é utilizado para colonização do substrato de cultivo e a posterior formação dos corpos de frutificação (os cogumelos). Para o preparo do *spawn*, o grão é misturado com um pouco de carbonato de cálcio, depois cozido, esterilizado e resfriado.

Pequenos pedaços de micélio de cultura pura são colocados em pequenos lotes do grão. Uma vez que o pequeno lote esteja totalmente colonizado, ele é utilizado para inocular vários outros lotes maiores de grãos. Essa multiplicação do grão inoculado continua, até que os recipientes de tamanho comercial, geralmente um saco plástico com um remendo de filtro respirável, sejam inoculados. Durante a colonização de cada lote, os recipientes são agitados durante poucos dias para distribuição do micélio. As condições de temperatura devem ser as ideais para o crescimento do micélio de cada espécie cultivada. A uniformidade do ar que circula ao redor dos sacos também é muito importante para garantir que todos os recipientes sejam mantidos na faixa de temperatura desejada, pois o micélio é sensível e seu mecanismo de frutificação pode ser facilmente danificado em altas temperaturas (Beyer, 2011).

Para sucesso do cultivo, a qualidade e a quantidade de *spawn* deve ser suficiente para ajudar na rápida cobertura do substrato com o organismo, e também para superar adversidades como competições com outros microrganismos e eventuais problemas de umidade e demais condições ligeiramente adversas. Cada espécie possui suas especificidades quanto às melhores condições de cultivo em suas respectivas fases durante o ciclo de vida (consultar tópicos específicos relacionados ao desenvolvimento e cultivo para mais informações), quando as condições nos canteiros de produção são ideais, menos *spawn* é necessário (Islam, 2015).

Recomenda-se utilizar o *spawn* o mais rápido possível, pois a qualidade diminui com o armazenamento, mas uma vez que o saco é aberto, a semente deve ser usada em breve. O *spawn* não deve ser exposto à luz solar direta ou a temperaturas acima de 35°C. O prazo de validade do *spawn* em grãos é de pelo menos um mês quando armazenado em temperatura ambiente e três meses se refrigerado a 4°C. No entanto, condições de armazenamento e utilização do *spawn* são específicas do produto, portanto, deve-se seguir as recomendações dos fabricantes.

5. Desenvolvimento vegetativo

Os cogumelos têm um ciclo de vida que compreende duas fases, o desenvolvimento micelial (fase vegetativa ou de colonização) e o do corpo frutífero (fase reprodutiva). No desenvolvimento vegetativo, o micélio coloniza o substrato, biodegrada seus componentes e sustenta a formação de corpos de frutificação. A fase vegetativa normalmente dura vários dias, semanas ou meses e é muito influenciada pela condição fisiológica e estado nutricional do micélio. Portanto, a produção de cogumelos depende de sua própria biologia, ambiente e nutrientes (Islam, 2015).

Como já discutido ao longo do texto, é por meio das hifas que os fungos colonizam o seu substrato e absorvem água e nutrientes. As hifas dos cogumelos são compostas por um componente microfibrilar responsável pela rigidez, composto por β -glucans e quitina, esse componente está imerso numa matriz amorfa constituída por polissacarídeos solúveis (α -glucans e glicoproteínas). O crescimento da hifa é apical, ou seja, dá-se pelas suas extremidades, no entanto esse fenômeno ainda não é bem compreendido, pois ainda não se sabe ao certo como é possível a parede celular possuir rigidez suficiente para manter a forma da hifa, ao passo em que possui elasticidade adequada para suportar o rápido crescimento apical, sendo considerado um processo bem elaborado.

Duas teorias tentam explicar o crescimento apical das hifas: 1) *steady-state* (hipótese de Wessels), essa hipótese considera que o ápice da hifa seria permanentemente viscoelástico e expansível, onde vesículas contendo componentes da matriz amorfa e polímeros do componente microfibrilar em estado não cristalino seriam constantemente depositados no ápice e, à medida que o ápice se alonga, esses polímeros cristalizam-se nas laterais da hifa, conferindo-lhe então rigidez; 2) rigidez permanente (hipótese de Bartnicki-Garcia), essa hipótese defende que o ápice da hifa seria permanentemente rígido, onde dois tipos de vesículas seriam constantemente depositados no ápice, o primeiro tipo contendo matriz amorfa e enzimas líticas responsáveis por romper o componente microfibrilar pré-existente, conferindo flacidez momentânea e permitindo expansão e, o segundo tipo de vesícula contendo unidades de microfibrilas, responsável por restaurar e devolver a rigidez à parede, portanto, o crescimento apical da hifa seria resultado do permanente e delicado balanço entre lise e síntese do componente microfibrilar (Massola Jr., 2018).

No cultivo artificial, a fase vegetativa de fato inicia-se após a semente ser introduzida no substrato de cultivo (composto), sendo esse processo de semeio denominado de *spawning* ou desova, também chamado de corrida do micélio que consiste na colonização do substrato. Antes da operação de desova, podem ser feitas tentativas para melhorar a umidade do substrato, esta operação deve ser a mais limpa do processo, geralmente realizada no início da jornada de trabalho, e devem-se buscar métodos que aumentem o rendimento e reduza o tempo de crescimento micelial. A maioria das propriedades usa o método *Through Mixing*, que consiste em misturar o *spawn* ao substrato e reúne todas as vantagens mencionadas, além de melhorar a colonização pelo *spawn*, pois o micélio não precisa crescer muito para colonizar o substrato (Beyer, 2011). O crescimento micelial depende de muitos fatores relacionadas às condições inerentes da própria cepa do *spawn* (característica genética) e condições ambientais, como fatores físicos e nutricionais do ambiente e/ou substrato.

Para um bom desenvolvimento vegetativo de *A. bisporus* o requisito de temperatura é de 22 a 25°C. Dentro dos limites prescritos, a temperatura deve ser uniforme ao longo do crescimento da cultura. Se estiver muito frio, o desenvolvimento do *spawn* será retardado, enquanto altas temperaturas podem favorecer o desenvolvimento de fungos e bactérias, que logo destruirão a semente ou a cultura. Tanto *L. edodes* quanto *P. ostreatus* podem ser cultivados em troncos naturais ou substratos sintéticos, quando em troncos naturais após a inoculação (desova), os troncos são armazenados vários meses em condições naturais para a colonização do micélio vegetativo, podendo durar de 6 a 18 meses, dependendo da espécie da árvore, tamanho do tronco, cultivar da desova, teor de umidade, temperatura do ambiente e outras variáveis. No cultivo em substratos sintéticos, geralmente em sacos plásticos contendo o substrato compactado, *L. edodes* necessita de incubação com temperatura e umidade controlada por um período de 30 a 80 dias (geralmente quatro semanas) em câmara escura, para colonização do substrato pelo micélio vegetativo e formação dos primórdios dos corpos de frutificação. A temperatura para o crescimento desse fungo é linhagem dependente, podendo variar de 16 a 18°C para linhagens de temperatura baixa e de 21 a 27°C para linhagens de temperatura alta. Enquanto *P. ostreatus* necessita de temperaturas moderadas de 22 a 28°C para o seu crescimento, nos cultivos em substrato sintético. O micélio de *P. ostreatus* demora aproximadamente de 11 a 14 dias (podendo variar até 30 dias dependendo da variedade) para permear o substrato nos sacos, mantidos em sala escura até a formação dos primórdios dos corpos de frutificação (Islam, 2015).

6. Efeitos de fatores ecológicos

6.1 Substrato

O desenvolvimento micelial e posteriormente a formação de primórdios e frutificação dos cogumelos, estão diretamente relacionados com o microambiente proporcionado pelo tipo de substrato utilizado. Os principais fatores no controle do processo de compostagem incluem temperatura ambiente, umidade, pH, aeração e os parâmetros físico-químicos do material utilizado: relação C:N (quando o teor de N é excessivo, existe uma rápida degradação do substrato), granulometria, teor de nutrientes, espaço e ar livre. Embora os elementos do substrato nem sempre se correlacionem com o crescimento ou rendimento da cultura, algumas características nutricionais e químicas do substrato influenciam no crescimento e rendimento subsequentes dos cogumelos.

6.2 Temperatura

A temperatura influencia em todas as etapas da produção de cogumelos. É um parâmetro importante no desenvolvimento dos fungos, desde a germinação de esporos até a frutificação e, desde a produção do *spawn* até no armazenamento pós-colheita e desenvolvimento de doenças na cultura. Nos cogumelos, a temperatura ótima para germinação de esporos, como regra, parece ser quase a mesma que a temperatura ótima para o crescimento micelial. Para *A. bisporus*, *L. edodes* e *P. ostreatus* o requisito de temperatura para a propagação do micélio ou crescimento vegetativo é de 22 a 25°C, 10 a 30°C (linhagem dependente) e 22 a 28°C, respectivamente. Para a fase reprodutiva, o requisito de temperatura é de 14 a 18°C, 12 a 15°C (por imersão em água) e 13 a 30°C (linhagem dependente) para *A. bisporus*, *L. edodes* e *P. ostreatus*, respectivamente. Dentro dos limites prescritos, a temperatura deve ser uniforme ao longo do crescimento da cultura. A temperatura de armazenamento também é um dos fatores mais importantes que influenciam a qualidade pós-colheita dos cogumelos, já que a maioria das reações de deterioração da qualidade em processos físicos, bioquímicos e microbiológicos como respiração, cor e maturação, os quais estão altamente relacionados à temperatura. O aumento da temperatura de armazenamento acelera a senescência, escurecimento, perda de peso e amolecimento da textura dos cogumelos, sendo recomendadas temperaturas baixas e constantes, porém, acima de 0°C para evitar danos pelo frio. É sempre importante mencionar que determinadas variedades comerciais podem requerer condições específicas de cultivo.

6.3 Umidade

A umidade relativa (UR) é um fator importante no cultivo do cogumelo e precisa de uma aplicação cuidadosa. O cogumelo requer uma atmosfera quase saturada de umidade, pois a aplicação direta de água nos canteiros pode ser prejudicial ao cultivo, com exceção da camada de cobertura na produção de *A. bisporus*, que recebe leves jatos de água para evitar seu ressecamento, no entanto, umidade excessiva durante o cultivo resultará em alta concentração de dióxido de carbono. Água quando necessária, em condições específicas, deve ser borrifada. Para o cultivo de cogumelos, geralmente uma UR elevada entre 90 e 95% são requeridas até a formação dos primórdios, pois abaixo desse limite ocorre o aborto de vários primórdios. Durante a frutificação, para a produção dos carpóforos de *A. bisporus* e *P. ostreatus* a UR deve estar em torno de 80 e 85%, enquanto para *L. edodes* recomenda-se uma UR entre 60 e 80%, pois durante essa fase, uma umidade acima desse intervalo pode comprometer a qualidade e a durabilidade dos cogumelos. A UR tem um efeito significativo

na taxa de transpiração dos cogumelos (um indicador para a perda de água dos produtos), portanto, uma UR mais alta (80-85%) usada nas condições de armazenamento ajuda a minimizar a perda de massa no cogumelo durante a pós-colheita.

6.4 Luminosidade

A luminosidade tem maior importância no desenvolvimento do micélio reprodutivo dos fungos (frutificação), no entanto, influencia também na esporulação e germinação de esporos, no desenvolvimento vegetativo e colonização do *spawn*, porém informações detalhadas desses efeitos são escassas e as recomendações variam de acordo com a espécie cultivada e método de cultivo.

6.5 Vento

A ventilação é um dos fatores importantes que regem a produção de cogumelos. Uma boa aeração é essencial para uma cultura saudável, pois a ventilação é responsável pela manutenção de condições ambientais adequadas e também pela remoção de gases tóxicos, reduzindo o nível de CO₂ (de preferência abaixo de 1.000 ppm), por meio da introdução de ar fresco adequado. Quanto mais o volume de cogumelos cultivado em uma sala, maior será a necessidade de ar fresco.

6.6 Concentração de CO₂

A concentração de CO₂ em geral deverá estar entre 340 e 1000 ppm, pois concentrações mais elevadas podem atrasar a frutificação e reduzir o número de cogumelos produzidos. Teores acima de 1000 ppm de CO₂ também ocasionam o estiolamento da estipe, deformando o corpo de frutificação e reduzindo seu valor comercial.

6.7 Camada de cobertura

A aplicação de uma camada de cobertura sobre o substrato colonizado de micélio é uma operação indispensável na produção comercial de *A. bisporus*, pois a adição da camada de cobertura induz a passagem da fase de crescimento vegetativo para a fase de crescimento reprodutivo do cogumelo. Sem o material de cobertura, os cogumelos não começam a frutificar ou dão um rendimento muito baixo. A cobertura é necessária para iniciar a frutificação, embora seu papel seja apenas parcialmente compreendido. O tipo de solo de cobertura tem uma grande influência no peso e tamanho de cada cogumelo. Quanto mais pesada a estrutura do solo de cobertura, mais pesados são os cogumelos, pois em solos

pesados há menos crescimento de micélio e conseqüentemente de cogumelos, portanto, os cogumelos desenvolvem-se em tamanho e espessura. Um fator importante na escolha do solo de cobertura é a uniformidade na estrutura e suprimento constante do mesmo tipo de solo. Para cogumelos de boa qualidade, a evaporação constante é essencial, isso só é possível se o solo de revestimento contiver fibras longas o suficiente que garantem que o solo de cobertura retenha sua estrutura aberta, mesmo após regas intensas. Os aspectos importantes das camadas de cobertura são a espessura, porosidade, água e trocas gasosas, pois todos esses fatores impactarão na quantidade e qualidade de cogumelos produzidos.

7. Substratos, translocação e nutrição

Os cogumelos comestíveis, como já mencionados, são organismos heterotróficos que obtêm todas as suas necessidades nutritivas (água e nutrientes minerais ou orgânicos) do substrato. Como fungos saprofíticos, eles obtêm seus nutrientes através da secreção de várias enzimas hidrolíticas extracelulares, digerindo o substrato e tornando-o passível de ser absorvido pela parede celular das hifas, as quais constituem sua estrutura assimilativa.

A partir da digestão do substrato, o fungo deve obter: fonte de carbono (açúcares), absorvendo monossacarídeos por difusão facilitada e, dissacarídeos e trissacarídeos por transporte acoplado a H⁺; fonte de nitrogênio, como ureia, sais de amônio, nitritos, nitratos e aminoácidos; vitaminas diversas; micronutrientes (ferro, cobre, manganês, zinco, sódio e molibdênio) e; macronutrientes (potássio, nitrogênio, enxofre, magnésio e cálcio). A água também é absorvida pelas hifas a partir do substrato onde crescem, e sua disponibilidade pode ser medida por meio da atividade de água (Aa), que representa a água disponível pronta para uso nos substratos, sendo esta a única forma de água utilizada por parte dos microrganismos e pode ser mensurada por diversos métodos. Para o crescimento de fungos basidiomicetos, estima-se que a Aa mínima deve ser acima de 0,95.

Os substratos para crescimento dos cogumelos geralmente são resíduos de plantas agroindustriais e subprodutos florestais, chamados de materiais lignocelulósicos, que passam por um procedimento de compostagem, definida como degradação microbiana indefinida de resíduos orgânicos. O processo de compostagem envolve a decomposição microbiana dos materiais orgânicos, a síntese de proteínas microbianas e o condicionamento do material fibroso para absorver e reter a umidade. Considera-se um bom substrato para o crescimento de cogumelos aquele adequado tanto química como fisicamente, fornecendo as condições adequadas para atividades microbianas, onde os cogumelos possam excretar enzimas essenciais para digerir biomassas lignocelulósicas indigeríveis para fornecimento de fontes

nutritivas. A produção de enzimas pelo micélio do cogumelo desempenha um papel crucial no processo de colonização e é um importante determinante da produção do cogumelo.

Como cogumelo ideal para cultivo, os cogumelos de *A. bisporus* são cultivados em substratos com uma relação C:N relativamente baixa em comparação com outros, portanto, não pode ser cultivado em toras de madeira natural. O cultivo deste cogumelo tem sido realizado em diferentes formulações de compostos pasteurizados. O composto é preparado misturando palha de trigo ou palha de arroz com vários fertilizantes orgânicos ou inorgânicos em proporções fixas. Estrumes de cavalo e de galinha também podem ser utilizados além da palha de trigo e palha de arroz. Ao final da compostagem, o bom composto deve apresentar coloração marrom com um cheiro peculiar, mas inofensivo. Quando apertado na mão, não deve escorrer água, porém, deve estar úmido e, quando esfregado entre os dedos, não deve haver sensação de oleosidade. Obedecendo a esses critérios, o composto pode seguir ou não para uma etapa de pasteurização destinada a matar pragas e parasitas fúngicos (Islam, 2015). Entre os aditivos incluídos ao farelo utilizado para substrato, além dos fertilizantes, sulfato de amônio, ureia e gesso podem ser acrescentados nematicidas e inseticidas. Durante todo o procedimento de compostagem é importante manter cerca de 75% de umidade e permitir a passagem do ar para obter as condições aeróbicas. No final do procedimento o composto deve estar completamente livre de amônia.

O cultivo de *L. edodes* pode ser realizado de maneira natural e rudimentar, em toras de madeira ou, em condições axênicas em substratos sintéticos que constitui a forma de cultivo mais tecnológica e rentável. Esse fungo produz uma série de enzimas hidrolíticas e oxidativas, como celulasas, hemicelulasas e ligninases, envolvidas no processo de degradação dos principais componentes de materiais lignocelulósicos, tornando-o apto a utilizar lignina, celulose e hemicelulose como fonte de carbono e nutrientes, fazendo com que possa ser cultivado em uma grande variedade de resíduos agrícolas. Nas últimas décadas, o cultivo deste cogumelo em substratos à base de resíduos foi desenvolvido usando serragem (resíduos de madeira moída), ingrediente básico mais popular utilizado em formulações sintéticas para produzir o shiitake, suplementados com fontes de nitrogênio (por exemplo, farelo de arroz). Pesquisas indicaram que o farelo de arroz acrescentado à serragem de madeira serve como fonte de nutrientes para um ótimo crescimento de *L. edodes*, isso porque os carboidratos, aminoácidos e minerais presentes no farelo de arroz estimulam o desenvolvimento micelial. Independentemente do ingrediente principal usado, suplementos à base de amido, como farelo de trigo, farelo de arroz, centeio e milho são sempre adicionados à mistura. Em outro estudo, onde se avaliou a velocidade de desenvolvimento vegetativo em substrato a base de bagaço de

cana, suplementado com farelo de arroz, obtiveram-se maiores taxas de desenvolvimento vegetativo em menores concentrações de suplemento, além de se observarem que quanto menor a relação C:N, menor a velocidade de crescimento micelial, uma vez que a alta concentração de N limita a degradação de lignina.

Outros suplementos, adicionados em quantidades menores, incluem carbonato de cálcio (CaCO_3), gesso e açúcar de mesa. Outros resíduos agrícolas que podem ser usados como substratos (sozinhos ou em combinação com outros suplementos) no cultivo de *L. edodes* são palha de cereais, espigas de milho, bagaço de cana-de-açúcar, resíduos de chá, cascas de sementes de girassol, cascas de amendoim, podas de vinhas, palha e sementes de algodão, etc. (Islam, 2015).

Assim como para *L. edodes*, o fungo *P. ostreatus* pode ser cultivado em condições naturais ou axênicas em substratos sintéticos. No cultivo em substratos sintéticos, geralmente utilizam-se resíduos agroindustriais com relação C:N entre 50 e 100:1, tais como palhas pré-tratadas por compostagem curta e pasteurização severa. Também pode ser utilizado outro padrão de substrato enriquecido com relação C:N entre 15 e 25:1. A principal razão da utilização de substratos com estreita relação C:N no cultivo axênico é para se obter elevada produtividade, visando cobrir os custos dos processos de esterilização e assepsia (Eira, 2000).

Tanto para o cultivo de *L. edodes* quanto para *P. ostreatus*, o princípio do método de cultivo em substratos sintéticos consiste na mistura e compactação dos ingredientes do substrato em sacos plásticos, seguida de esterilização e inoculação com *spawn*. Os ingredientes do substrato são misturados, regados para obter o teor de umidade adequado e colocados em sacos de polipropileno resistentes ao calor, contendo um adesivo especial para respiração, feito de plástico microporoso. Os microporos no adesivo permitem que o substrato expulse dióxido de carbono, sem permitir a entrada de quaisquer agentes nocivos que possam atuar como contaminantes (Islam, 2015).

A frutificação de *A. bisporus* em cultivo comercial desenvolve-se sobre um material empregado sobre o substrato de cultivo chamado de camada de cobertura, que tem o objetivo de induzir a passagem da fase de crescimento vegetativo para o crescimento reprodutivo do cogumelo. O material de revestimento não deve ter nenhum nutriente e deve possuir boa capacidade de retenção de água (para evitar saturação do substrato), mas uma textura que permita boa aeração (para facilitar a troca de gases) e uma faixa de pH de 7 a 7,5. Além desses fatores importantes dos materiais de cobertura, também se deve considerar a composição da microbiota.

Geralmente, o material utilizado como camada de cobertura é a turfa de musgo, amplamente encontrada em alguns países de clima temperado, no entanto, devido a indisponibilidade em alguns países e por ser um recurso não renovável, o solo foi reconhecido como o material de revestimento universal. Para usar o solo como material de cobertura, ele deve ser esterilizado de forma que os microrganismos prejudiciais sejam mortos e os úteis permaneçam. A esterilização dos materiais da camada de cobertura é feita por produtos químicos ou por aquecimento. O efeito estimulante dos microrganismos do solo de cobertura na formação dos cogumelos pode ser substituído, em condições axênicas, por carvão ativado ou pela remoção de compostos orgânicos voláteis (Islam, 2015). No Brasil é comum à utilização de materiais alternativos, como solo de horizonte B, areia, resíduo de carvão vegetal, calcário e outras combinações (Dias, 2010).

8. Frutificação

A fase de frutificação no ciclo de vida dos cogumelos representa a fase reprodutiva, na qual ocorre a formação do corpo de frutificação e dos esporos, que dá origem ao cogumelo propriamente dito. Os produtores de cogumelos chamam a mudança da extensão micelial para a produção de primórdios de cogumelo de fixação e o desenvolvimento sucessivo de primórdios em cogumelos de frutificação, sendo este um período muito curto do ciclo de vida dos cogumelos.

O desenvolvimento dos corpos de frutificação começa a partir de uma agregação de hifas formada geralmente no micélio secundário. As primeiras hifas formadas que constituem o corpo de frutificação jovem são pouco diferenciadas das hifas vegetativas normais e são chamadas de protênquima, mas, à medida que a diferenciação prossegue, as hifas do basidiocarpo tornam-se entrelaçadas e frequentemente compactadas, formando o plectênquima. Se as hifas estiverem menos compactadas, o tecido resultante é conhecido como pseudoparênquima. Embora vários tipos de células possam ser distinguidos no basidiocarpo maduro, todos eles se desenvolvem a partir de hifas geradoras. O aumento e a diferenciação dos basidiocarpos estão associados à expansão de segmentos dessas hifas (Webster; Weber, 2007).

Durante o desenvolvimento do corpo de frutificação dos cogumelos tipo agáricos, o himenóforo é protegido durante o desenvolvimento por um véu parcial que se estende da borda do píleo até o estipe. Quando o véu parcial é fino e semelhante a uma teia de aranha, é denominado cortina, mas onde é composto de tecidos mais firmes, persiste como um anel na haste, como no caso do gênero *Agaricus*. Os corpos frutíferos agáricos podem ter véus

universais e parciais, um ou nenhum (Figura 5). O corpo de frutificação se expande devido à expansão das células.

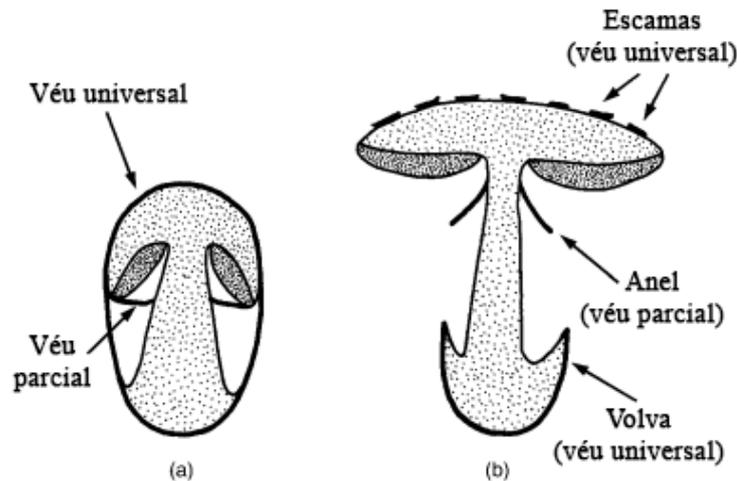


Figura 5. Desenho esquemático de um corpo de frutificação do tipo agárico mostrando os véus universal e parcial. (a) Estágio do botão; (b) Corpo de frutificação totalmente expandido. Tecidos remanescentes do véu universal vistos como escamas e volva, enquanto o véu parcial formou um anel ao redor do estipe (Adaptado de Webster e Weber, 2007).

De modo geral, após a colonização do substrato, os fungos precisam de um fator de estresse para iniciar a frutificação. Como já mencionado, para cultivar cogumelos da espécie *A. bisporus*, é necessário adicionar uma camada de cobertura sobre o composto colonizado, para induzir a formação de primórdios. Essa cobertura promove mudanças ambientais sobre o composto colonizado, ocasionando estresse ao micélio fúngico, induzindo assim a formação de corpos de frutificação, além de atuar como suporte aos cogumelos e auxiliar na redução da perda de água para o ambiente. Além da adição da camada de cobertura, também se faz necessário à redução da temperatura entre 14 e 18°C para induzir a frutificação (Islam, 2015).

Para indução da frutificação de *L. edodes* é necessário imergir os blocos contendo o fungo em água à temperatura de 12 a 15°C, por um período de 8 a 10 horas, porém, em algumas linhagens não é necessário esse procedimento para indução do primeiro fluxo, ainda sendo necessária para os fluxos subsequentes. A imersão permite que a água desloque rapidamente o CO₂ contido nos espaços aéreos e fornece umidade suficiente para grandes quantidades de cogumelos. Após a imersão, os substratos são colocados em prateleiras e os cogumelos começam a aumentar (Islam, 2015).

Assim como para os demais cogumelos, a indução da frutificação em *P. ostreatus* também é proporcionada pela redução da temperatura, neste caso, varia entre 13 a 30°C a depender da linhagem cultivada, mas em média, em torno de 25 a 28°C, os sacos contendo o

substrato são abertos após a sua completa colonização, sempre mantendo a umidade adequada e em ambientes iluminados e bem ventilados para iniciar a formação dos primórdios dos cogumelos (Islam, 2015).

9. Colheita e pós-colheita

A colheita pode ser realizada em épocas distintas, a depender da espécie cultivada. Para *A. bisporus* deve ser realizada no estágio de botão (antes da abertura do píleo), para atingir esse estágio geralmente leva em cerca de 7 a 8 dias após a formação dos primórdios, que começam a surgir em aproximadamente 17 a 20 dias após a indução da frutificação (Islam, 2015). A colheita de *L. edodes* inicia-se em aproximadamente 7 a 11 dias após a imersão em água. Durante a colheita, os cogumelos são torcidos da superfície do substrato com a mão e qualquer substrato residual é removido. Depois que todos os cogumelos foram colhidos do substrato, eles são novamente mergulhados em água. A segunda imersão pode levar até 12 horas, e a terceira imersão pode levar até 18 horas para repor a água perdida pela produção de tecido de cogumelo e evaporação da água. O tempo médio desde o pico da colheita de um fluxo até o pico do próximo é de aproximadamente 16 a 20 dias. Já a colheita de *P. ostreatus* ocorre entre 2 a 4 dias após o início da frutificação, a depender da linhagem cultivada (Islam, 2015).

A vida útil dos cogumelos pós-colheita é bastante curta e a manutenção da qualidade do produto é um problema, especialmente para transporte a longas distâncias. Dentre os métodos mais utilizados para preservação de cogumelos comestíveis estão as conservas e salmouras. Para evitar o escurecimento precoce dos cogumelos, um pré-tratamento antes de conservá-los é efetuado, entre eles estão lavagem, desidratação, liofilização, branqueamento ou impregnação a vácuo em sal, ácido cítrico, ácido ascórbico, peróxido de hidrogênio, EDTA, eritorbato de sódio, cloridrato de cisteína e metabissulfitos, sendo todas elas substâncias que inibem o escurecimento dos tecidos (Jaworska et al., 2010).

10. Estratégias para altas produções

O cultivo artificial de cogumelos comestíveis em substratos sintéticos segue uma série de operações, que compreende a obtenção de inóculo, preparo de substrato, produção de micélio em grãos *spawn*, inoculação do substrato com grãos colonizados pelo micélio (*spawing/desova*), corrida do micélio ou colonização do substrato, frutificação, colheita e pós-colheita (Figura 6).



Figura 6. Fluxograma geral da cadeia produtiva de cogumelos comestíveis.

Para obter uma alta produtividade, os produtores devem priorizar um material propagativo de boa qualidade fisiológica e sanitária, utilizar substrato de cultivo apropriado, garantindo as condições axênicas do meio e controlar as condições ambientais de maneira favorável a cada fase de desenvolvimento do cogumelo. No entanto, em países onde a fungicultura ainda está em desenvolvimento como o Brasil, alguns desses fatores são difíceis de serem alcançados, portanto, Dias (2010) destacou pontos importantes a serem desenvolvidos para aumentar a produção de cogumelos comestíveis no Brasil, são eles:

Desenvolvimento de tecnologias de cultivo apropriadas para a agricultura familiar e em escala comercial, adaptadas para as condições brasileiras.

Aumento de pesquisas voltadas à compreensão do papel dos microrganismos envolvidos no processo de compostagem, pois pouco se sabe sobre a microbiota presente no composto produzido no Brasil. A identificação de microrganismos no composto brasileiro e a seleção das cepas mais importantes para o processo de compostagem podem ser muito importantes para aumentar a produção, que ainda é muito inferior quando comparada aos níveis alcançados por países desenvolvidos.

Desenvolvimento da tecnologia de produção de *spawn*. Pouco se sabe sobre a origem das linhagens utilizadas no Brasil, sendo importante que laboratórios especializados façam o monitoramento da qualidade genética e sanitária das linhagens comercializadas, para evitar cepas degeneradas ou contaminadas por vírus ou outros elementos infecciosos.

Utilização da camada de cobertura de alta qualidade. Avaliações de materiais alternativos para camadas de cobertura, bem como métodos para tratamentos de desinfecção desses materiais são muito importantes para tornar a indução da frutificação mais eficiente.

Desenvolvimento de tecnologias para o controle do clima de ambientes de cultivo mais simples e de menor custo.

11. Utilização de resíduos pós-cultivo

A utilização de resíduos do cultivo de cogumelos – SMS (Spent Mushroom Substrate) tem se tornado objeto valioso de estudos, pois esse resíduo também conhecido como composto exaurido ou pós-cultivo, tem representado um grande desafio de gestão ambiental, uma vez que grandes países produtores estão produzindo quantidades cada vez maiores, além disso, esses resíduos são considerados um substrato com boa capacidade de favorecer a ecologia microbiana do solo e disponibilizar matérias orgânicas e minerais, levando a melhoria de culturas vegetais (Machado, 2019).

Dentre os benefícios do composto pós-cultivo para o solo, estão à melhoria na sua estrutura, aumento de nutrientes, microrganismos e na produção de matéria seca. Estudos já demonstraram que o uso de SMS aumenta a eficiência de germinação de sementes de diferentes espécies vegetais, como tomate, abóbora e brássicas, devido principalmente ao aumento da aeração e retenção de umidade proporcionada pela presença do SMS no substrato que influencia positivamente a germinação das sementes (Zhang et al., 2012). Além disso, Machado (2019) demonstrou que a utilização de SMS no cultivo de tomate favorece o desenvolvimento e produtividade do tomateiro, assim como já relatado anteriormente, onde foi demonstrado que o uso de SMS no solo favorece o desenvolvimento das raízes de hortaliças.

A utilização de composto pós-cultivo de *A. bisporus* tem mostrado viabilidade para reintrodução em novos ciclos de cultivo, tanto como material de base único, quanto misturado com outros materiais de baixa condutividade elétrica, se mostrando uma alternativa ao uso de terras e outros substratos orgânicos utilizados como camadas de cobertura em sucessivos ciclos de cultivos deste cogumelo, reduzindo custos e impacto ambiental (Pardo et al., 2010).

Referências

BEYER, D.M. **Seeding substrate and management of growing *Agaricus bisporus***. 2011. Disponível em: <<https://extension.psu.edu/seeding-substrate-and-management-of-growing-agaricus-bisporus>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

DIAS, E.S. Mushroom cultivation in Brazil: challenges and potential for growth. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 795-803, 2010.

EIRA, A.F. Cultivo de cogumelos (compostagem, condução e ambiente). In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 3., 2000. **Anais...** p. 83-95.

HAYES, W.A. Biological nature. In: HAYES, W.A. **The biology and cultivation of edible mushrooms**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978. p. 191-217.

ISLAM, S. Cultivation techniques of edible mushrooms: *Agaricus bisporus*, *Pleurotus* spp., *Lentinula edodes* and *Volvariella volvacea*. In: ISLAM, S. **The magic of mushroom and mould biology, PHP-50306**. Wageningen: Wageningen University, 2015. p. 33.

JAWORSKA, G. et al. Comparison of the texture of fresh and preserved *Agaricus bisporus* and *Boletus edulis* mushrooms. **International Journal of Food Science and Technology**, Cambridge, v. 45, n. 8, p. 1659-1665, 2010.

KUO, M. *Agaricus bisporus*. 2018a. Disponível em:
<http://www.mushroomexpert.com/agaricus_bisporus.html> Acesso em: 30 jun. 2021.

KUO, M. *Pleurotus ostreatus*. 2018b. Disponível em:
<http://www.mushroomexpert.com/pleurotus_ostreatus.html>. Acesso em: 30 jun. 2021.

LI, J. et al. The saprotrophic *Pleurotus ostreatus* species complex: late eocene origin in East Asia, multiple dispersal, and complex speciation. **IMA Fungus**, Utrecht, v. 11, p. 1-21, 2020.

MACHADO, A.E.V. **Cultivo integrado do cogumelo *Pleurotus ostreatus* e tomate (*Solanum lycopersicum*)**. 2019. 78 f. (Dissertação de Mestrado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2019.

MASSOLA JR., N. S. Fungos fitopatogênicos. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. 5. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018. v. 1, p. 107-142.

MOORE, D.; ROBSON, G.D.; TRINCI, A.P.J. **21st century guidebook to fungi**. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

PARDO, A.; ZIED, D.C.; PARDO-GONZÁLEZ, J.E. Utilización de compost agotado de champiñón como capa de coberturas en nuevos ciclos de producción. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1164-1171, 2010.

PEGLER, D.N. The genus *Lentinula* (Tricholomataceae tribe Collybieae). **Sydowia**, Horn, v. 36, p. 227-239, 1983.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cogumelo in natura: oportunidades para pequenas produções**. 2014. Disponível em:
<<https://respostas.sebrae.com.br/cogumelo-in-natura-oportunidades-para-pequenas-producoes/>> Acesso em: 24 jun. 2021.

SHEIKHA, A.F.; HU, D. How to trace the geographic origin of mushrooms? **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 78, p. 292-303, 2018.

SOKOVIĆ, M. et al. Mushrooms as sources of therapeutic foods. In: HOLBAN, A.M.; GRUMEZESCU, A.M. (Ed.) **Therapeutic foods**. New York: Academic Press, 2018. p. 141-178.

UKWURU, M.U.; MURITALA, A.; EZE, L.U. Edible and non-edible wild mushrooms: Nutrition, toxicity and strategies for recognition. **Journal of Clinical Nutrition and Metabolism**, London, v. 2, n. 2, p. 1-9, 2018.

WEBSTER, J.; WEBER, R. **Introduction to fungi**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

ZHANG, R.H. et al. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. **Pedosphere**, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 333-342, 2012.

CHIA



CHIA (*Salvia hispanica*)

Marcella Carvalho Chaves

1. Origem e distribuição geográfica

Salvia hispanica L., conhecida popularmente como chia, é uma espécie herbácea com ciclo anual que pertence à família Lamiaceae (Zettel; Hitzmann, 2018). Classificada inicialmente pelo sueco Carl Linneo em 1753, a chia recebeu a nomenclatura *Salvia hispanica* L., apresentando como significado latino “planta espanhola para curar” (Edwards, 1819). No entanto, a denominação foi incorreta, pois apesar da sua coleta ter ocorrido na Espanha, a espécie não é nativa deste país. Como os espanhóis não tinham conhecimento sobre os nomes utilizados pelos indígenas, que anteriormente utilizaram a palavra *chiana* significando oleoso para nomear a espécie, traduziram erroneamente para chia, permanecendo com essa denominação até a atualidade (Sosa-Baldivia et al., 2018). Embora a denominação tenha se propagado na forma incorreta, a origem da espécie foi corrigida e a chia foi então registrada como nativa do México e norte da Guatemala (Gómez-Favela et al., 2017).

Apesar da chia ser nativa do México e Guatemala, seu cultivo não ficou restrito a esses países. O cultivo dessa espécie foi ampliado comercialmente para diversos países, como Colômbia, Argentina, Estados Unidos, Itália e Austrália. No Brasil, a procura por chia tem aumentado, despertando o interesse para o cultivo dessa espécie principalmente devido à demanda por alimentos funcionais (Paiva et al., 2018), que são aqueles que promovem efeitos benéficos para saúde. Essa disseminação da chia pelo mundo ocorreu devido muitas partes da planta ser disponível para o consumo humano, resultado das diversas características nutricionais e da possibilidade do seu uso em produtos dietéticos (Šilc et al., 2020). Essas características nutricionais atribuídas, principalmente, às sementes de chia são consequência das altas concentrações de ácidos graxos, fibras, flavonoides, antocianinas, vitaminas, entre outros, variando de acordo com o local de cultivo (Ayerza.; Coates, 2011; Reyes-Caudillo; Tecante; Valdivia-López, 2008).

No entanto, a adoção do cultivo da chia ao redor do mundo foi dificultado pelo fotoperíodo. Considerada uma planta de dia curta, essa espécie requer um período de escuro constante para florescer, sendo sua produção prejudicada se tiver uma quebra de poucos segundos do escuro com uma fonte luminosa (Šilc et al., 2020). Dessa forma, o melhoramento genético foi a chave para solucionar esse problema e possibilitar o cultivo da chia em locais onde a duração do dia é superior a 12 horas, registrando-se assim novas variedades de chia de dia longo e permitindo seu cultivo na América do Norte, onde o cultivo dessa espécie não era possível em muitos locais (Jamboonsri et al., 2012).

2. Morfologia e anatomia

As folhas da chia são opostas, simples e possuem suas margens serrilhadas. A partir de análises anatômicas da superfície foliar, é possível observar que ambas as epidermes adaxial e abaxial da chia apresentam estômatos diacíticos (Figura 1a), que se caracterizam por apresentarem suas células subsidiárias posicionadas de forma perpendicular; e tricomas dos tipos não glandulares e glandulares (Figura 1b, c) (Di Sapio et al., 2012). Em relação ao pecíolo, a epiderme é uni seriada com tricomas simples e glandulares, o parênquima é clorofilado e os feixes vasculares estão posicionados em forma de arco acompanhados por feixes suplementares (Di Sapio et al., 2012).

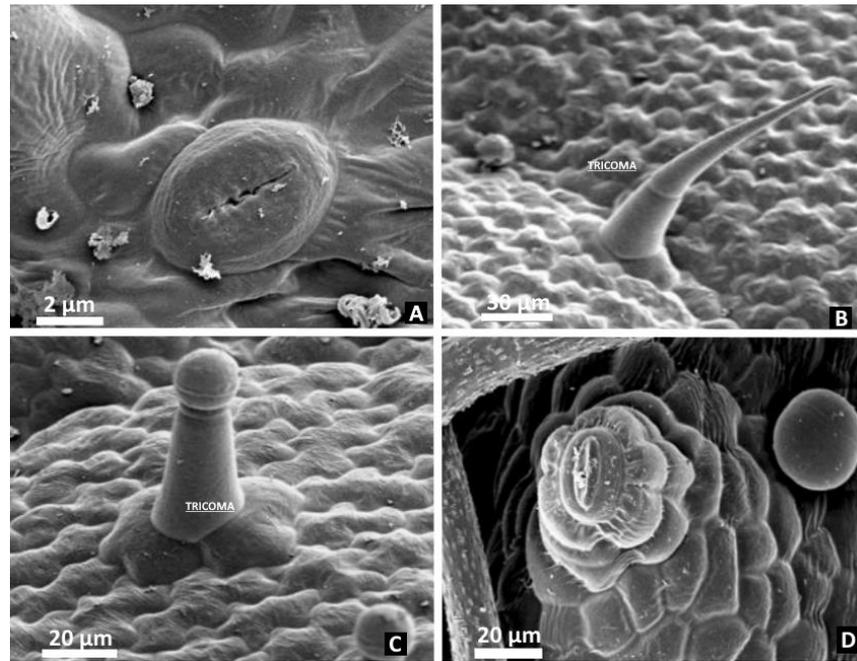


Figura 1. Imagens MEV de diferentes partes da chia. A: estômato diacítico na superfície foliar; B: tricoma não glandular; C: tricoma glandular; D: estômato elevado no caule (Adaptado de Di Sapiro et al., 2012).

A haste é ramificada, espessa e aromática. Em hastes jovens há presença de estômatos elevados (Figura 1d) com as células anexas apresentando cutículas estriadas (Di Sapiro et al., 2012). Tricomas simples multicelulares e unicelulares cônicos estão presentes no contorno da haste, enquanto tricomas glandulares são mais abundantes nas laterais (Di Sapiro et al., 2012). O cilindro vascular da haste é composto por quatro feixes colaterais maiores e outros quatro menores (Di Sapiro et al., 2012). As fibras perivasculares são encontradas externas ao floema.

A partir da microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi possível calcular o tamanho das sementes de chia, que mediram $2,00 \pm 0,10$ mm de comprimento e $1,24 \pm 0,08$ mm de largura (Figura 2a), segundo Capitani et al. (2013). Cada semente é composta de uma semente verdadeira ligada ao pericarpo, que por sua vez é formado pela cutícula, mesocarpo e um exocarpo que apresenta células que produzem mucilagem quando submetidas à água. Essa semente verdadeira é constituída de uma testa, do endosperma e do embrião, que é formado, principalmente, pelos cotilédones (Figura 2b), de acordo com Capitani et al. (2013).

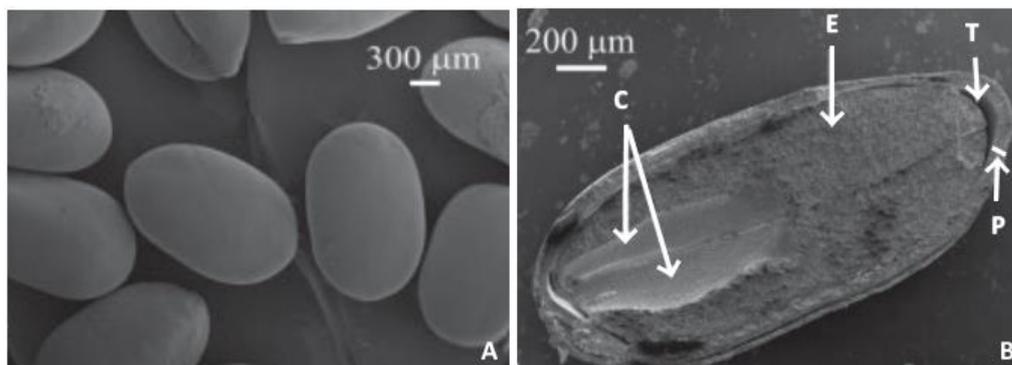


Figura 2. Imagens da microscopia eletrônica de varredura (MEV) da semente de chia. A: sementes de chia; B: semente de chia com corte longitudinal mostrando a estrutura interna; C: cotilédones, E: endosperma, T: testa, P: pericarpo (Adaptado de Capitani et al., 2013).

Um dos fatores que facilita o cultivo da chia é o pequeno porte que apresentam as plantas dessa espécie. A planta atinge até 1 metro de altura e suas folhas são simples, opostas e serrilhadas, com tamanhos que variam de 4-8 cm de comprimento e 3-5 cm de largura (Figura 3), esse tipo de folha apresenta a margem foliar dentada (Hrnčič et al., 2020). Suas pequenas flores de, 3-4 mm, são hermafroditas, monopétalas, com cores que variam entre branco, azul e roxo (Figura 3), e a época de floração apresenta duração de 15-25 dias, enquanto cada flor permanece aberta durante 5-7 dias (Brandán; Curti; Acreche, 2019a). Além disso, suas flores apresentam pequenas corolas e partes florais fundidas, característica essa que contribui para uma elevada taxa de autopolinização (Salman et al., 2019). Em relação ao número de ramos laterais, o genótipo e o tipo de manejo adotado para a cultura é que irão determinar essa característica.

Chia apresenta um fruto, comum também para outras espécies da família Lamiaceae, seco e indeiscente, denominado esquizocarpo, que se divide em quatro mericarpos (Šilc et al., 2020). Esses frutos são comercialmente chamados de sementes, no entanto, a verdadeira semente está no interior de cada fruto (Capitani et al., 2013). Para facilitar a compreensão, o conjunto fruto-semente será referido como semente. As sementes têm formato oval com 2,0 x 1,5 mm de tamanho, podendo apresentar colorações brancas ou escuras (Figura 3), e os mericarpos são ovais, lisos e brilhantes, apresentando listas castanhas, cinzas ou vermelhas (Šilc et al., 2020).

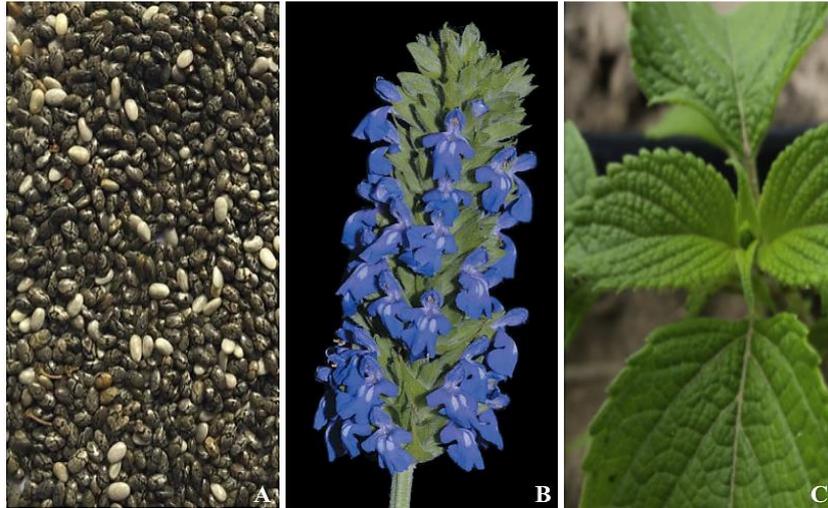


Figura 3. Imagem das sementes, da floração e do formado das folhas de chia. A: sementes de chia; B: inflorescência; C: folhas serrilhadas (Adaptado de Brandán et al., 2019, Šilc et al., 2019).

3. Germinação e propagação

O processo de germinação da semente é de vital importância para o desenvolvimento da planta e pode interferir diretamente na produtividade. Nesse processo, ocorre a mobilização de reservas para sustentar o crescimento do embrião até a protusão da radícula e formação das primeiras folhas. As sementes de chia, assim como outras sementes, necessitam de condições favoráveis para que ocorra sua germinação. A partir da análise da influência de fatores ambientais nesse processo, foi constatado que a quantidade de água necessária para que as sementes de chia germinassem foi de 4 mL para 100 sementes; quantidades inferiores ou superiores a esse volume podem resultar em efeitos negativos na germinação (Nadtochii et al., 2019). Em relação a incidência luminosa, lâmpadas de LED (diodo emissor de luz), com picos em 440nm e 660nm, promoveram maior acúmulo de massa verde nos brotos; e a temperatura ótima de germinação foi registrada aos 25°C (Nadtochii et al., 2019).

A germinação, além de ser vital para o desenvolvimento da planta, é considerada um processo econômico que possibilita promover o melhoramento do valor nutricional da semente, resultando em mudanças na composição química e aumentando a concentração de componentes importantes, como vitaminas, aminoácidos, fibras (Gómez-Favela et al., 2017). Além desses constituintes, os polifenóis e o ácido γ -aminobutírico (GABA) também podem aumentar durante a germinação (Gómez-Favela et al., 2017). O GABA é na verdade um aminoácido não proteico formado por quatro carbonos que vem sendo relacionado a efeitos benéficos para saúde humana, como por exemplo, controle da ansiedade, ação anti-inflamatória e antiproliferativa (Nikmaram et al., 2017). Dessa forma, o aumento da

concentração desse composto seria de importância comercial para elaboração alimentos com elevado valor nutricional a partir da semente de chia germinada.

Gomez-Favela et al. (2017), estabeleceram duas condições ótimas para a germinação de chia, uma com a temperatura a 21°C e com tempo de 157 horas e outra com temperatura de 33°C com tempo de 126 horas. Os autores verificaram que, curiosamente, a farinha feita das sementes germinadas, nessas condições, teve maiores conteúdos de proteínas, conteúdo total de compostos fenólicos, maior concentração de GABA e elevada atividade antioxidante, se comparado à farinha de chia não germinada. Essa farinha oriunda de chia germinada pode ser utilizada como uma fonte natural desses compostos, sendo então adicionadas às dietas alimentares.

Em outro trabalho, realizado por Beltrán-Orozco et al. (2020), sementes de chia foram germinadas a 30°C no escuro, com a porcentagem máxima de germinação registrada no quarto dia. Durante as primeiras 48 horas de germinação, os autores observaram um aumento de 13% no conteúdo de proteínas, 10% no conteúdo de lipídios e, após 4 dias, um aumento de 46% no conteúdo de fibras. Além disso, também registraram que em sementes não germinadas de chia não foi possível constatar qualquer conteúdo de ácido ascórbico, no entanto, com a germinação, o conteúdo dessa vitamina foi detectado, assim como seu contínuo aumento. Dessa forma, a germinação pode servir como um método para elevar o valor nutricional das sementes de chia.

Como uma alternativa à germinação, a propagação vegetativa permite uma reprodução assexuada, com formação de indivíduos geneticamente iguais à planta matriz. A micropropagação é um exemplo desse tipo de reprodução, que é utilizada para rápida multiplicação e conservação de plantas, permitindo o controle da luminosidade, fotoperíodo e temperatura (Sáez et al., 2013). Em relação a chia, a micropropagação da espécie é influenciada diretamente pelo tipo de citocinina usada, sendo que o número máximo de brotos por explante pode ser observado em meio MS com 2 mg de citocinina sintética (BAP, 6-benzilaminopurina); e após quatro semanas de cultivo, com 0,1mg de ácido indol-3-butírico (IBA) foi registrado o melhor enraizamento das plântulas (Figura 4) (Zayova et al., 2016). Essa pode ser uma importante ferramenta para produção em larga escala de chia em menor tempo, cerca de cinco meses (Zayova et al., 2016).

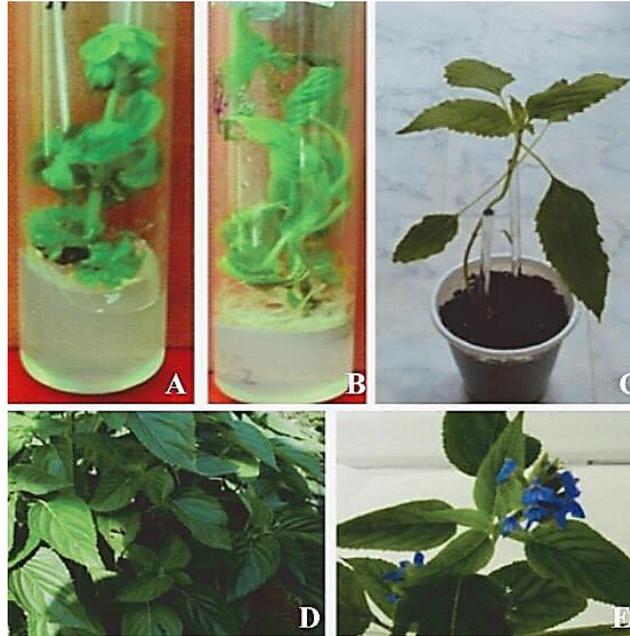


Figura 4. Plântulas de chia crescendo *in vitro* e *ex vitro*. A: plântula em meio MS com 2 mg l⁻¹ BAP; B: plântulas em meio MS com 0.1 mg l⁻¹ IBA; C: aclimatização *ex vitro*; D: plantas cultivadas em campo após aclimatização; E: inflorescências (Adaptado de Zayova et al., 2016).

4. Mucilagem de chia

As sementes de chia, quando expostas à água, exsudam um líquido viscoso transparente, semelhante a um gel, denominado mucilagem (Figura 5a), de acordo com Fernandes e Salas-Mellado (2017), que apresenta um importante papel de fixação da semente no solo (Capitani et al., 2013). Essa mucilagem é um polissacarídeo constituído por diferentes tipos de açúcares, consistindo principalmente em xilose e glicose (Câmara et al., 2020). Com a maior demanda por alimentos saudáveis, diferentes compostos vem sendo utilizados para substituir as gorduras, e, devido a sua composição, o interesse pela mucilagem de chia vem aumentando continuamente (Felisberto et al., 2015).

Quando a semente de chia é hidratada, o exocarpo aumenta de tamanho, a cutícula é quebrada e, quando a sua elasticidade cessa, os compostos que estão no interior da célula são liberados ao redor de toda a semente em forma de mucilagem (Capitani et al., 2013). Existem registros que demonstram que a liberação da mucilagem é rápida, em apenas 5 minutos a cutícula é rompida e a mucilagem envolve as sementes, aumentando o seu volume nos minutos subsequentes (Figura 5b, c), de acordo com Capitani et al. (2013). Além disso, aos 60°C, foi registrada a maior solubilidade da mucilagem, diminuindo a medida que a temperatura foi elevada (Capitani et al., 2013).

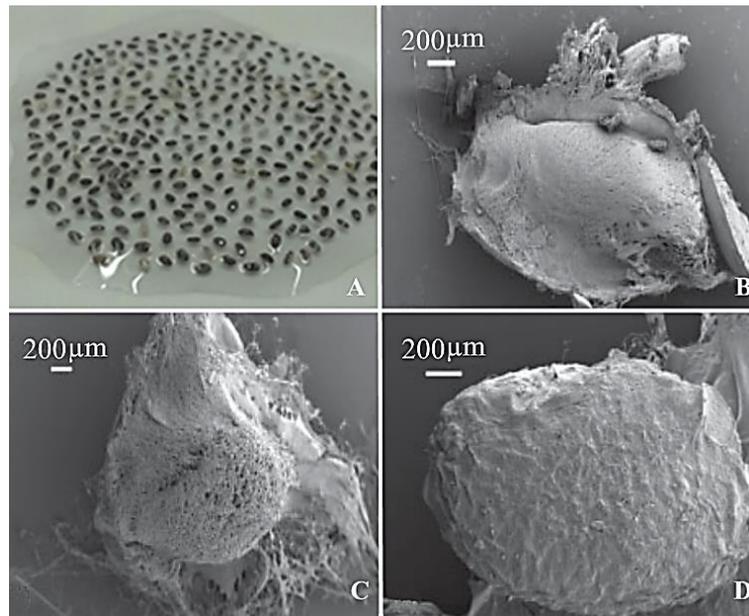


Figura 5. Sementes exsudando mucilagem ao serem hidratadas. A: sementes envoltas pela mucilagem; B: imagens MEV da liberação da mucilagem após 5 minutos; C: após 10 minutos; D: semente após extração da mucilagem (Adaptado de Capitani et al., 2013, Felisberto et al., 2015).

Com base em outro estudo, verificou-se que a mucilagem de chia é expelida das células epidérmicas quando ocorre o processo de hidratação da semente, apresentando uma estrutura linear entrelaçada (Figura 6), de acordo com Salgado-Cruz et al. (2013). Essa estrutura consiste em fios nanoagregados que, a partir da análise pela microscopia e espectroscopia Raman, é possível considerar que a mucilagem de chia pode ter grande utilidade para a indústria de forma geral (Salgado-Cruz et al., 2013). Isso porque a técnica por espectroscopia permite analisar em alta resolução a constituição de materiais a partir da iluminação por uma luz monocromática, permitindo assim observar que a mucilagem apresenta uma estrutura pequena e é constituída principalmente por polissacarídeos, possibilitando seu uso como fibra solúvel e como aditivo alimentar. Em relação à semente, a mucilagem retém a água e aumenta seu volume com o aumento da quantidade de líquido, impedindo que a água seja absorvida pela semente, uma vez que seu tamanho não é alterado (Salgado-Cruz et al., 2013).

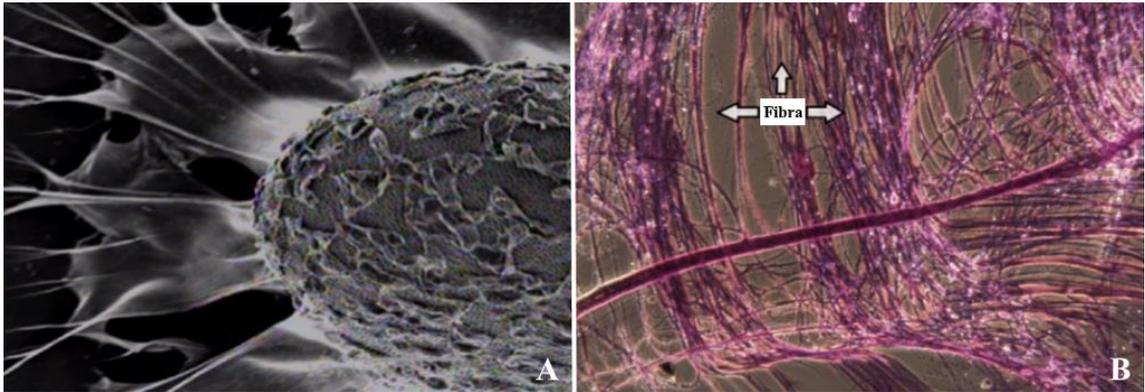


Figura 6. Análise microscópica da mucilagem de chia. A: semente hidratada exsudando mucilagem; B: imagens da estrutura da mucilagem mostrando fibras realçadas com corante azul de toluidina (Adaptado de Salgado-Cruz et al., 2013).

Recentemente, com objetivo de substituir a gordura em produtos cárneos emulsionados, a constituição da mucilagem de chia foi analisada. Câmara et al. (2020), observaram que essa mucilagem, oriunda de sementes adquiridas no Brasil, apresenta cerca de 26,46% de lipídios, 11,95% de proteínas, além de conteúdo significativo de ácidos graxos, como ácido linolênico e linoléico. Essas concentrações podem variar de acordo com a origem da semente e os métodos de extração utilizados. Os autores consideraram essa composição vantajosa, pois possibilita sua adição em produtos cárneos com objetivo de substituir uma parte da gordura, abrindo possibilidades de pesquisas futuras nessa área.

Cuomo et al. (2020), também analisaram a composição da mucilagem de chia, a partir de sementes adquiridas na Itália. Os autores verificaram que a mucilagem é composta, principalmente, por fibras, proteínas e água. Com objetivo de prevenir a deterioração dessa mucilagem, os autores verificaram o efeito da adição do óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon nardus*). Dessa forma, observaram que os valores da viscosidade da mucilagem não se alteraram durante o armazenamento com a adição desse óleo, registrando efeitos positivos na estabilidade da mucilagem de chia, além de evitar sua oxidação, permitindo seu uso a longo prazo.

5. Composição da semente

O interesse pela semente de chia, foco da maioria das pesquisas envolvendo a espécie, é devido, principalmente, ao seu valor nutritivo e o conseqüente efeito benéfico para a saúde. No entanto, a composição da semente, que confere esse valor nutritivo, varia de acordo com a origem e com o clima. As sementes oriundas do México, por exemplo, apresentam alto conteúdo de proteínas, gorduras e fibras, além de ácidos graxos de alta qualidade (Tabela 1), como o ácido α -linolênico e o ácido linoléico (Porrás-Loaiza et al., 2014).

As sementes de chia oriundas do Brasil apresentam valores nutricionais igualmente importantes em relação aos efeitos benéficos para a saúde. Registros de um detalhado estudo com sementes de chia do Brasil, demonstraram que essas sementes apresentaram altas concentrações de fibras, lipídios e proteínas (Tabela 1) (Silva et al., 2017). Além disso, as sementes apresentaram significativo conteúdo de vitamina E e minerais como ferro, zinco, cálcio, potássio e fósforo (Silva et al., 2017). As sementes de chia do Brasil têm destaque para a alta atividade antioxidante, que provavelmente é atribuída pelo conteúdo de tocoferól e tocotrienóis (Silva et al., 2017). Dessa forma, as sementes de chia oriundas do Brasil apresentam alto teor nutritivo e elevado potencial para uso nas dietas e indústrias alimentícias.

Tabela 1. Principais compostos encontrados nas sementes de chia do Brasil e do México. Os valores representam a média em porcentagem dos compostos de sementes de diferentes regiões dos países (Elaborado pela autora com base em Porras-Loaiza et al., 2014, Silva et al., 2017).

Compostos (%)	Sementes de chia do México	Sementes de chia do Brasil
Fibras	31	35,3
Proteínas	20,7	18,9
Carboidratos	11,5	3,41
Ácidos graxos	25	31,2

Além das sementes, o óleo que pode ser extraído da chia apresenta alto valor nutricional. As sementes apresentam uma concentração de 25-38% de óleo por peso seco, e o principal componente que pode ser encontrado nesse óleo é o ácido poliinsaturado ω -3 α -linolênico, apresentando uma concentração que varia de 56,9% - 64,8% (Ayerza; Coates, 2011). O segundo maior composto é o ácido graxo ω -6 linoleico (Ayerza; Coates, 2011). Devido as altas concentrações desses compostos, o óleo da semente de chia apresenta elevado benefício nutricional para a saúde, no entanto, o óleo apresenta baixa estabilidade. Uma pesquisa mais recente, buscando superar esse problema, testou vários antioxidantes naturais adicionados ao óleo e destacou que a ação combinada do ácido palmítico e tocoferol aumentou a vida útil do óleo, em cerca de 300 dias, devido a diminuição da oxidação de lipídios (Bodoira et al., 2017).

Quando o óleo da semente de chia é extraído, o que sobra é o coproduto (Figura 7) e, mesmo esse composto, apresenta significativo valor nutricional. Apresentando quase as mesmas propriedades que as sementes, o coproduto de chia, rico em proteínas, fibras, polifenóis e atividade antioxidante, é um bom candidato para utilização como ingrediente alimentar ou nas indústrias alimentícias (Fernández-López et al., 2018). Dessa forma, tanto a semente, como o óleo da semente e o coproduto, são compostos com composição nutricional

rica e que podem servir, por exemplo, como fonte de lipídios saudáveis, sendo assim aproveitados como alimentos funcionais.



Figura 7. Semente de chia, esquerda, e o coproduto resultado da extração do óleo da semente, direita (Adaptado de Fernández-López et al., 2018).

Além do óleo da semente de chia, outro óleo pode ser encontrado na planta, o óleo essencial (OE) localizado na parte aérea. Curiosamente, a chia raramente é infectada por patógenos e é considerada relativamente livre de pragas devido a composição dos OEs produzidos na parte aérea dessa planta, com apenas um registro de infecção causada por fungos do gênero *Fusarium* que causam fusariose (Ahmed; Ting; Scora, 1994; Yeboah et al., 2014). A partir da extração do OE, de coloração amarelo claro, das partes aéreas da chia, foram identificados 80 compostos, nos quais cerca de 85% são formados por sesquiterpenos (Tabela 2), segundo El Shafie et al. (2018). Além disso, devido essa composição, o OE de chia apresenta importante atividade antimicrobiana, sendo considerado uma alternativa natural que pode ser utilizada no controle de certos fitopatógenos (El Shafie et al., 2018).

Tabela 2. Composição geral do óleo essencial da parte aérea da chia (Elaborado pela autora com base em El Shafie et al., 2018).

Compostos	%
Hidrocarbonetos sesquiterpênicos	53,9
Sesquiterpênicos oxigenados	30,6
Hidrocarbonetos monoterpênicos	0,4
Monoterpenos oxigenados	5
Compostos fenólicos	1,5

6. Escala fenológica

Assim como as demais plantas, o crescimento da chia pode ser dividido em vegetativo e reprodutivo (Figura 8). O crescimento vegetativo da chia consiste no crescimento da planta desde a emissão dos cotilédones até a formação de quatro pares de folhas totalmente expandidas, enquanto o crescimento reprodutivo compreende as fases da diferenciação dos verticilastros das folhas mais novas até os verticilastros atingirem 50% do seu tamanho final, com subsequente início da floração (Brandán et al., 2019).

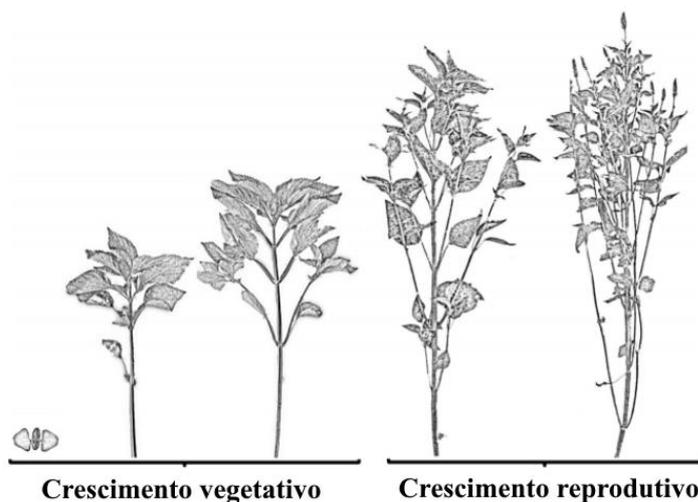


Figura 8. Crescimento vegetativo da chia, esquerda, e crescimento reprodutivo, direita (Adaptado de Brandán et al., 2019).

A escala fenológica é necessária para que o ciclo de novas safras possa ser descrito. Para isso, essa escala considera mudanças ao longo do ciclo de uma cultura, definindo as fases a partir da observação de eventos morfológicos. Recentemente, Brandán et al. (2019), classificaram todas as fases fenológicas da chia de acordo com a escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry), que é usada para identificar os estádios de desenvolvimento fenológico de todas as espécies de plantas.

A escala fenológica da chia pode ser dividida em 8 etapas: germinação, aparecimento das folhas, aparecimento dos brotos, crescimento da inflorescência, floração, mudanças no fruto, amadurecimento e senescência (Brandán et al., 2019). A etapa da germinação compreende a semente seca, emissão da radícula, terminando com a emissão dos cotilédones, enquanto a etapa do aparecimento das folhas consiste no desdobramento dos cotilédones até a determinação final do número de folhas (Figura 9). A etapa do aparecimento de brotos correspondeu ao aparecimento das brotações laterais e a próxima etapa consistiu no crescimento da inflorescência (Brandán et al., 2019).

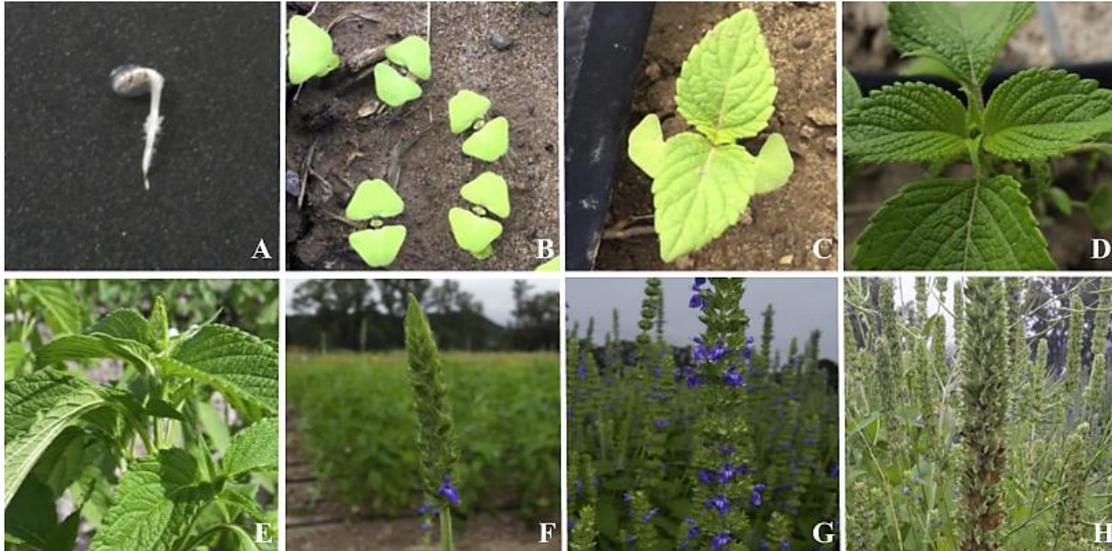


Figura 9. Algumas das principais fases fenológicas do crescimento e desenvolvimento da chia. A: emissão da radícula na fase de germinação; B: emergência dos cotilédones; C: primeiro par de folhas formado; D: verticilastro detectável no meristema apical da haste; E: verticilastro diferenciado das folhas; F: início da floração; G: floração completa; H: fim da floração (Adaptado de Brandán et al., 2019).

A partir da formação completa da inflorescência ocorre a floração, com a abertura da flor. As flores de chia geralmente apresentam coloração roxa ou branca e são formadas ao final de cada haste e, como são em sua maioria hermafroditas, realizam autopolinização (Salman et al., 2019). Após a floração, ocorrem mudanças no fruto culminando no amadurecimento, que é marcado pela mudança na coloração do pericarpo. Por fim, ocorre a senescência foliar, com o amarelecimento da folha e sua posterior queda (Brandán et al., 2019). Essas etapas estão descritas e detalhadas na Tabela 3.

Tabela 3. Etapas fenológicas do crescimento (Elaborado pela autora com base em Brandán et al., 2019).

Etapas de crescimento	Descrição
Germinação	<ul style="list-style-type: none"> • Semente seca • Embebição • Emissão da radícula • Alongamento da radícula • Emergência dos cotilédones
Aparecimento foliar	<ul style="list-style-type: none"> • Cotilédones desdobrados • Primeiro par de folhas completamente expandidas • Segundo par de folhas • Terceiro par de folhas • Continuação da emissão de folhas até nono par ou mais
Aparecimento dos brotos	<ul style="list-style-type: none"> • Sem brotações laterais • Duas brotações laterais • Quatro brotações laterais • Atinge até 18 brotações laterais
Crescimento da inflorescência	<ul style="list-style-type: none"> • Emergência do verticilastro no topo da haste principal • Verticilastro diferenciado das folhas jovens • Brácteas distinguíveis de folhas
Florescimento	<ul style="list-style-type: none"> • Abertura floral • Finaliza quando não há mais flores visíveis
Mudança no fruto	<ul style="list-style-type: none"> • Sementes com textura macia • Sementes com textura dura
Amadurecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Pericarpo amarelado com aspecto pastoso • Pericarpo amarelo • Pericarpo branco/preto com aspecto duro
Senescência foliar	<ul style="list-style-type: none"> • Descoloração das folhas • Folhas amareladas • Folhas com coloração castanho • Queda foliar • Produto colhido – sementes

7. Efeitos de fatores ecológicos e estratégias para altas produções

A escassez de recursos, como água e nutrientes, tem efeito negativo direto no crescimento e desenvolvimento na cultura de grãos (Lake et al., 2019), assim como estresses, como aqueles resultantes de elevadas temperaturas. O período em que ocorre esses efeitos negativos gerados por tais estresses é denominado como período crítico para a produção de grãos, e apresenta uma relação direta com as fases de floração e formação dos grãos (Sandaña; Calderini, 2012). Em cereais de grãos pequenos como a aveia, por exemplo, o período crítico compreende 4 semanas antes até 1 semana após a antese (Mahadevan et al., 2016). É importante o estudo desse período em diferentes culturas tanto para a agronomia como para o melhoramento, objetivando um manejo de alta qualidade.

Em relação a Chia, o período crítico para produção foi registrado em uma faixa de 550 graus-dia (GD) antes da floração até 250 GD após a floração, apresentando redução no rendimento devido a diminuição do número de sementes (Diez et al., 2021). Quando sombreada 550-250 GD antes da floração, a chia apresenta uma redução na produção em até 40%, enquanto o sombreamento 50 GD antes da floração até 250 GD após a floração reduziu a produção em até 20% (Diez et al., 2021). A partir do estudo do período crítico da chia, o cultivo dessa planta pode ser moldado para o melhor local e condição, resultando em maior rendimento da produção.

No Brasil, o rendimento da produção da Chia depende da região e da época do plantio. No estado do Rio Grande do Sul com a semeadura ocorrendo em março, por exemplo, há um maior acúmulo de biomassa na planta, principalmente no caule e nos ramos, enquanto a área foliar é menor, devido a redução da fase vegetativa (Goergen et al., 2018). Isso ocorre porque a chia é uma planta sensível ao fotoperíodo, necessitando de dias curtos e noites longas para completar seu desenvolvimento e assim iniciar a fase reprodutiva (Šilc et al., 2020). Consequentemente, a produtividade dessas plantas provenientes da semeadura em março não é alta, uma vez que o florescimento foi rapidamente induzido, proporcionando menor rendimento dos galhos e menor número de sementes por planta (Goergen et al., 2018). Por outro lado, a semeadura em janeiro proporcionou maior produtividade, com tamanho das plantas e número de ramos mais adequados para a produção das sementes, e os fotoassimilados direcionados para o preenchimento dos grãos (Goergen et al., 2018).

Além da data da semeadura e do local de plantio, um fator limitante para produção de chia no Brasil é a disponibilidade hídrica. O cultivo da chia no Brasil ocorre na entressafra, quando a quantidade de água disponível no solo é baixa, limitando o crescimento e desenvolvimento da plântula (Costa et al., 2021). Um recente trabalho buscou avaliar o efeito de diferentes potenciais osmóticos na germinação de sementes de chia, além de analisar a ação do ácido salicílico e giberélico como possíveis atenuadores do efeito negativo do estresse hídrico (Costa et al., 2021). A partir desse estudo, foi possível observar que o estresse hídrico reduziu significativamente a germinação e o vigor das sementes, no entanto, os ácidos salicílico e giberélico contribuíram positivamente, mitigando tais efeitos até o limite de -0,4 MPa (Costa et al., 2021). Além disso, o ácido giberélico promoveu maior vigor para as mudas de chia, enquanto o ácido salicílico elevou a taxa de germinação e favoreceu o acúmulo de solutos orgânicos nas sementes (Costa et al., 2021).

No Chile, um estudo envolvendo a introdução e adaptação da chia no país, foi realizado com intuito de verificar se a data da semeadura e o conteúdo de água implicariam

em efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento da planta (Silva et al., 2018). A partir dessas análises, verificou-se que a data da semeadura, 7 e 31 de dezembro, não afetou o crescimento da chia, no entanto, a disponibilidade hídrica influenciou diretamente os parâmetros de crescimento. O déficit de água, consistindo em apenas 40% da demanda da evapotranspiração, diminuiu o crescimento da chia, resultando na redução de 54% da biomassa seca total e de 43% no tamanho da área foliar, se comparado com as plantas irrigadas (Silva et al., 2018).

Recentemente, uma pesquisa analisou a fisiologia da chia em relação à disponibilidade hídrica em diferentes genótipos comerciais de dia longo. Foi registrado que para as plantas submetidas à irrigação 100%, com restituição da água do solo até a capacidade de campo, e para as plantas sem irrigação, nessas a taxa fotossintética foi reduzida em 25%, enquanto a transpiração diminuiu apenas no genótipo P nos mesmos sistemas de irrigação. O potencial hídrico foliar sofreu uma redução significativa sob condição de seca, assim como a área foliar e a biomassa seca (Lovelli et al., 2019). A quantidade de água deve ser adequada para a chia dependendo do local de cultivo, com intuito de evitar quantidades insuficientes ou que extrapolem a necessidade hídrica da cultura.

Apesar da disponibilidade hídrica apresentar grande influência nos padrões de crescimento e desenvolvimento da chia, estudo avaliando três tratamentos de irrigação (100, 70 e 40% da demanda de evapotranspiração) demonstrou que, em relação à produção dos compostos de interesse comercial, não são registrados danos significativos. A produção do óleo, lipídios e ômega 3, por exemplo, foi elevada sob condição de déficit hídrico, demonstrando que a chia adota estratégias adaptativas que permitem manter seu alto rendimento, apesar dos prejuízos na fase de crescimento e na fisiologia da planta, como nas trocas gasosa, condutância estomática, taxa fotossintética e acúmulo de biomassa, principalmente no sistema de irrigação de 40% (Herman et al., 2016).

Além da disponibilidade hídrica, outro fator que influencia no desenvolvimento da chia, principalmente na composição das sementes, é a temperatura. Sementes expostas à temperaturas elevadas, 90°C - 180°C, foram analisadas em relação a sua composição (Ghafoor et al., 2020). Com o aumento na temperatura, o conteúdo de óleo da semente também aumenta, no entanto, o oposto é observado para os níveis de umidade, compostos bioativos, conteúdo de proteína e atividade antioxidante, que diminuem à medida que a temperatura aumenta. Além disso, a concentração de compostos fenólicos e o conteúdo de vitamina E também são reduzidos com o aumento da temperatura (Ghafoor et al., 2020). A temperatura ideal seria próxima dos 25°C. Em relação a plântula, a faixa ótima de temperatura é de 16-

26°C (Tabela 4), conforme Ayerza e Coates (2009), temperaturas inferiores não são satisfatórias, uma vez que a chia não tolera o frio em nenhuma das etapas do seu desenvolvimento.

A elevada salinidade no solo interfere igualmente no processo de germinação por afetar negativamente a absorção da água e o metabolismo das sementes, conseqüentemente, inibindo ou prejudicando esse processo. Um estudo desenvolvido no Brasil, avaliou o efeito conjunto da temperatura e da salinidade sobre a germinação. A partir dos dados obtidos nesse trabalho, foi demonstrado que a taxa de germinação diminuiu linearmente com o aumento da salinidade e, aos 30°C, houve uma leve redução dessa taxa, no entanto, a partir do nível de salinidade de 13,5 dS m⁻¹ a redução foi mais expressiva, chegando a 0% no nível de 18 dS m⁻¹. Quando submetidas ao estresse salino, as sementes utilizam uma parte significativa das reservas para o transporte de Na⁺, prejudicando as próximas etapas e impedindo um desenvolvimento normal da parte aérea, fato esse observado no estudo. Níveis de salinidade superiores a 4,5 dS m⁻¹ e temperaturas superiores aos 30°C afetaram negativamente o vigor e componentes bioquímicos das plântulas (Paiva et al., 2018). A temperatura de 25°C foi recomendada visando a maior taxa de germinação, devendo haver um controle para evitar solos com alta salinidade.

Outro fator que influencia diretamente no desenvolvimento da chia, muitas vezes impedindo seu cultivo em certos locais, é o fotoperíodo. Por ser considerada uma planta de dia curto, a chia necessita de uma noite longa sem interrupção, com cerca de 12-13 horas (Tabela 4), tornando-se dependente da latitude do local onde é cultivada, florescendo em outubro no hemisfério norte e em abril no hemisfério sul (Baginsky et al., 2016). Essa situação começou a mudar quando, a partir do melhoramento genético, novos genótipos de dia longo foram criados, tornando possível o cultivo da chia em diferentes latitudes (Jamboonsri et al., 2012).

Tabela 4. Principais fatores que influenciam na germinação/crescimento da chia e as condições ideais (Elaborada pela autora com base em Ayerza e Coates (2009), Herman et al. (2016), Šilc et al. (2020), Iannucci e Amato (2021).

Fatores	Condições ideais
Água	<ul style="list-style-type: none"> • Requer irrigação • Ideal: 100% da demanda de evapotranspiração • Regular: 70% da demanda de evapotranspiração
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Taxa ótima: 16-26 °C • Não tolera frio
Fotoperíodo	<ul style="list-style-type: none"> • Dias curtos, noites longas • 12-13 horas de escuro
Genótipos	<ul style="list-style-type: none"> • Depende do local • Exemplo: G8 e Austrália – locais com solos pobres em nutrientes

Uma pesquisa utilizou três genótipos de chia (G8, Sahi Alba 914, W13.1 - produzidos na Argentina) de floração precoce com o intuito de avaliar o crescimento e produção da planta sob dias longos no sudoeste da Alemanha (Grimes et al., 2018). A partir dos resultados, foi registrado que os três genótipos cultivados superaram o rendimento obtido pelo seu país de origem. Além disso, o conteúdo de óleo, proteínas e mucilagem não sofreram alteração e estão de acordo com o regulamento e literatura atual (Grimes et al., 2018). O cultivo desses genótipos pode ser considerado como uma alternativa para os agricultores da Alemanha.

Mais recentemente, um estudo realizado na Itália, avaliando o sistema radicular de diferentes genótipos de Chia, verificaram que os genótipos Austrália e G8 destacaram-se por apresentarem um massivo sistema radicular com raízes mais grossas e longas, com maior capacidade de alcançar água e nutrientes no solo, beneficiando o crescimento da planta, inclusive em solos com baixo teor de nutrientes (Iannucci; Amato, 2021). Dessa forma, com base em todos os tópicos abordados, é possível escolher condições propícias e os genótipos mais adequados para o estabelecimento da planta e produção da semente, visando o melhor conteúdo nutricional e uma produção de qualidade em maior escala (Tabela 4).

8. Nutrição

Assim como a planta requer condições ambientais favoráveis para o crescimento e desenvolvimento, as condições do solo são de extrema importância para esses processos. Por isso, uma fertilização eficiente, com a quantidade e a proporção ideal para cada cultura e solo, é necessária para que as perdas de nutrientes sejam minimizadas e, simultaneamente, ótimas safras de colheita sejam proporcionadas (Souza; Chaves, 2017). Os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são extremamente utilizados como fertilizantes

adicionados ao solo devido seus efeitos benéficos para o crescimento e desenvolvimento vegetal, principalmente por constituírem diversos componentes presentes nas plantas e fazerem parte de processos metabólicos indispensáveis para a fisiologia e bioquímica vegetal.

O N é um dos principais minerais limitantes da produção. Esse nutriente participa de muitos processos fisiológicos da planta e constitui moléculas de fundamental importância como aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas, proteínas e clorofila (Salman et al., 2019). O P desempenha igualmente um importante papel nos processos fisiológicos e na composição de regiões da célula, como membranas celulares, assim como de uma das principais moléculas carregadoras de energia, trifosfato de adenosina (ATP), conforme Salman et al. (2019). O K, um dos elementos com maior mobilidade na planta, apresenta extrema importância por, dentre outras finalidades, apresentar função reguladora em processos que envolvem a síntese de proteínas e ativação de enzimas, além de ser fundamental para processos fisiológicos como abertura estomática e fotossíntese (Hasanuzzaman et al., 2018). A aplicação desses nutrientes, separadamente ou em conjunto, pode proporcionar um maior rendimento na produção de diversas culturas.

Em relação à chia, estudo desenvolvido no Egito avaliou o efeito da fertilização foliar com NPK no crescimento e produção da cultura. Os resultados mostraram que diferentes doses desses fertilizantes influenciaram significativamente no crescimento e produtividade da planta. A maior altura, número de ramos, número de inflorescências, produção de sementes e biomassa seca foram registrados, quando uma dose de 3g/L (em duas aplicações) com adição conjunta de biofertilizantes, foi aplicada na superfície foliar, sendo essa dose recomendada para o cultivo de chia no Egito (Salman et al., 2019) e, com base em mais estudos, em outras regiões.

No Brasil, um estudo buscou avaliar as doses mais recomendadas de NPK aplicadas no solo para proporcionar uma produção de maior qualidade de chia (Souza; Chaves, 2017). Os dados obtidos nesse estudo mostraram que a aplicação de NPK promoveu um aumento em todas as variáveis avaliadas (altura, número de folhas, número de inflorescências e biomassa seca da parte aérea), sendo assim indicada a dose de 125: 100: 40 kg/ha⁻¹ de N: P: K (Souza; Chaves, 2017). As doses indicadas tendem a mudar de acordo com as regiões e solos escolhidos para o cultivo, havendo sempre a necessidade de fazer uma análise do solo em questão para reconhecer possíveis déficits de nutrientes e assim fazer a reposição adequada.

Além dos nutrientes já citados, o zinco (Zn) apresenta importante função no metabolismo vegetal. Esse nutriente é necessário para reações enzimáticas, processos metabólicos e reações de oxi-redução, além de ser requerido por enzimas que atuam no

metabolismo do N, transferência de energia e biossíntese proteica (Hafeez, 2013). Recentemente, um estudo analisou o efeito da interação do Zn com o P na chia e verificou que essa interação depende da dose de cada nutriente. Em baixos níveis de P, não houve uma resposta significativa ao aumento da dose de Zn, no entanto, em níveis mais elevados de P, as plantas de chia produziram maior biomassa seca em resposta aos níveis também crescentes de Zn, cerca de oito vezes mais que o controle. Essa aplicação dos nutrientes poderia ser utilizada caso o nível de Zn e P no solo fosse baixo. Quando a razão P:Zn excede 180 nos tecidos da planta, a fertilização com Zn é uma boa indicação para o maior crescimento da chia. Em concentrações de P muito elevadas um efeito antagônico ocorre, a redução da concentração de Zn devido a inibição de sua captação. Dessa forma, a aplicação mais adequada de P e Zn, quando necessário, foi registrada na concentração de 100 mg kg⁻¹ de P e 10 mg kg⁻¹ de Zn (Korkmaz et al., 2020).

Referências

- AHMED, M.; TING, I.P.; SCORA, R.W. Leaf oil composition of *Salvia hispanica L.* from three geographical areas. **Journal of Essential Oil Research**, Wheaton, v. 6, n. 3, p. 223–228, 1994.
- AYERZA, H.R.; COATES, W. Influence of environment on growing period and yield , protein , oil and linolenic content of three chia (*Salvia hispanica L.*) selections. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 30, p. 321-324, 2009.
- AYERZA, H.R.; COATES, W. Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica L.*). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 1366-1371, 2011.
- BAGINSKY, C. et al. Growth and yield of chia (*Salvia hispanica L.*) in the mediterranean and desert climates of Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Santiago, v. 76, n. 3, p. 255-264, 2016.
- BODOIRA, R.M. et al. Food science and technology chia (*Salvia hispanica L.*) oil stability : study of the effect of natural antioxidants. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 75, p. 107–113, 2017.
- BRANDÁN, J.P.; CURTI, R.N.; ACRECHE, M.M. Phenological growth stages in chia (*Salvia hispanica L.*) according to the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 255, p. 292–297, May 2019.
- CÂMARA, A.K.F.I. et al. Chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage as a new fat substitute in emulsified meat products: technological, physicochemical, and rheological characterization. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 125, p. 109193, 2020.

CAPITANI, M.I. et al. Microstructure, chemical composition and mucilage exudation of chia (*Salvia hispanica* L.) nutlets from Argentina. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 93, n. 15, p. 3856-3862, 2013.

COSTA, A.A. et al. Osmoprotection in *Salvia hispanica* L. seeds under water stress attenuators. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 82, p. 1-9, 2021.

DI SAPIO, O. et al. Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, Santiago, v. 11, n. 3, p. 249-268, 2012.

DIEZ, J. et al. The critical period for grain yield in chia (*Salvia hispanica*). **Crop and Pasture Science**, Victoria, v. 72, n. 3, p. 213-222, 2021.

ELSHAFIE, H.S. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of chia (*Salvia hispanica* L.) essential oil. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 244, n. 9, p. 1675-1682, 2018.

FELISBERTO, M.H.F. et al. Use of chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage gel to reduce fat in pound cakes. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 63, n. 2, p. 1049–1055, 2015.

FERNANDES, S.S.; SALAS-MELLADO, M.M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, Barking, v. 227, p. 237–244, 2017.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. et al. Chia oil extraction coproduct as a potential new ingredient for the food industry: chemical, physicochemical, techno-functional and Antioxidant properties. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 73, n. 2, p. 130–136, 2018.

GHAFOOR, K. et al. An evaluation of bioactive compounds, fatty acid composition and oil quality of chia (*Salvia hispanica* L.) seed roasted at different temperatures. **Food Chemistry**, Barking, v. 333, 2020.

GOERGEN, P.C.H. et al. Yield physical and physiological quality of *Salvia hispanica* L. seeds grown at different sowing dates. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 10, n. 8, p. 182, 2018.

GÓMEZ-FAVELA, M.A. et al. Improvement of chia seeds with antioxidant activity, GABA, essential amino acids, and dietary fiber by controlled germination bioprocess. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 72, n. 4, p. 345–352, 2017.

GRIMES, S.J. et al. Growth, yield performance and quality parameters of three early flowering chia (*Salvia hispanica* l.) genotypes cultivated in southwestern germany. **Agriculture**, Basel, v. 8, n. 10, p. 1–20, 2018.

HAFEEZ, B. Role of zinc in plant nutrition: a review. **American Journal of Experimental Agriculture**, New Delhi, v. 3, n. 2, p. 374–391, 2013.

HASANUZZAMAN, M. et al. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. **Agronomy**, Madison, v. 8, n. 3, 2018.

HERMAN, S. et al. Effect of water availability on growth , water use efficiency and omega 3 (ALA) content in two phenotypes of chia (*Salvia hispanica* L.) established in the arid Mediterranean zone of Chile. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 173, p. 67-75, 2016.

IANNUCCI, A.; AMATO, M. Root morphology and shoot growth in seedlings of chia (*Salvia hispanica* L.). **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 68, p. 3205-3217, 2021.

JAMBOONSRI, W. et al. Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.: a new ω 3 source. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 59, n. 2, p. 171–178, 2012.

KNEZ HRNČIČ, M. et al. Chia seeds (*Salvia hispanica* L.): an overview-phytochemical profile, isolation methods, and application. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 1, p. 11, 2020.

KORKMAZ, K. et al. Interaction effects of phosphorus (P) and zinc (Zn) on dry matter, concentration and uptake of P and Zn in chia. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 44, n. 5, p. 755–764, 2020.

LAKE, L. et al. Yield determination and the critical period of faba bean (*Vicia faba* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 241, p. 107575, 2019.

LOVELLI, S. et al. Water use efficiency , photosynthesis and plant growth of chia (*Salvia hispanica* L.): a glasshouse experiment. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 41, art. 3, 2019.

MAHADEVAN, M. et al. The critical period for yield determination in oat (*Avena sativa* L.). **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 199, p. 109–116, 2016.

NADTOCHII, L. A. et al. Investigation of various factors on the germination of chia seeds sprouts (*Salvia hispanica* L.). **Agronomy Research**, Tartu, v. 17, p. 1390–1400, 2019.

NIKMARAM, N. et al. Recent advances in γ -aminobutyric acid (GABA) properties in pulses: an overview. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 97, n. 9, p. 2681–2689, 2017.

PAIVA, E.P. de et al. Germination and biochemical components of *Salvia hispanica* L. seeds at different salinity levels and temperatures. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 40, n. 1, p. 39396, 2018.

PORRAS-LOAIZA, P. et al. Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 571–577, 2014.

PRIMACK, R.B. et al. The growing and vital role of botanical gardens in climate change research. **New Phytologist**, London, v. 231, n. 3, p. 917-932, Aug. 2021.

REYES-CAUDILLO, E.; TECANTE, A.; VALDIVIA-LÓPEZ, M.A. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. **Food Chemistry**, Barking, v. 107, n. 2, p. 656–663, 2008.

SÁEZ, P.L. et al. Plant Science Light energy management in micropropagated plants of *Castanea sativa*, effects of photoinhibition. **Plant Science**, Amsterdam, v. 201/202, p. 12–24, 2013.

SALMAN, A.M. et al. Influence of foliar fertilization on the growth and yield of chia (*Salvia hispanica*) plant. **Egyptian Pharmaceutical Journal**, Cairo, v. 18, n. 3, p. 263, 2019.

SANDAÑA, P.; CALDERINI, D.F. Comparative assessment of the critical period for grain yield determination of narrow-leafed lupin and pea. **European Journal of Agronomy**, Berlin, v. 40, p. 94–101, 2012.

ŠILC, U. et al. *Salvia hispanica* (chia): from nutritional additive to potential invasive species. **Botany Letters**, London, v. 167, n. 2, p. 255–264, 2020.

SILVA, B.P. et al. Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. **Food Chemistry**, Barking, v. 221, p. 1709-1716, 2017.

SILVA, H. et al. Effect of sowing date and water availability on growth of plants of chia (*Salvia hispanica* L.) established in Chile. **PloSOne**, San Francisco, v. 3, p. 1-20, 2018.

SOSA-BALDIVIA, A. et al. A historical review of the scientific and common nomenclature associated with chia: from *Salvia hispanica* to *Salvia mexicana* and chian to salba. **Agricultural Research & Technology**, Washington, v. 18, n. 1, 2018.

SOUZA, R.S.; CHAVES, L.H.G. Initial growth of chia (*Salvia hispanica* L.) submitted to nitrogen, phosphorus and potassium fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 11, n. 5, p. 610–615, 2017.

YEBOAH, S. et al. Influence of planting methods and density on performance of chia (*Salvia hispanica*) and its suitability as an oilseed plant. **Agricultural Science**, Melbourne, v. 2, n. 4, p. 14–26, 2014.

ZAYOVA, E. et al. Comparative study of *in vitro*, *ex vitro* and *in vivo* propagated *Salvia hispanica* (chia) plants: morphometric analysis and antioxidant activity. **AgroLife Scientific Journal**, Bucuresti, v. 5, n. 2, p. 166-173, 2016.

ZETTEL, V.; HITZMANN, B. **Applications of chia (*Salvia hispanica* L.) in food products**. Amsterdam: Elsevier, 2018.

GUARANÁ



GUARANÁ (*Paullinia cupana*)

Guilherme Henrique Oliveira Castro

1. Origem e distribuição geográfica

O guaranazeiro é uma espécie nativa da região Amazônica. O maior número de populações cultivadas encontra-se principalmente na região que compreende o município de Maués, no Estado do Amazonas. Acredita-se que todo o material plantado no Brasil se originou dessa região. (EMBRAPA, 2009). O município de Maués recebeu o selo de indicação geográfica, em 2018, considerando a região como centro da tradição do guaraná (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB).

Cultivado inicialmente pelos índios maués, os produtos originados do guaranazeiro são comercializados na forma de pó, bastão, xaropes e extratos. Ademais, a demanda nas indústrias fabricantes de refrigerantes e energéticos potencializam a importância econômica da cultura.

A distribuição geográfica atual do guaraná ultrapassou as fronteiras da Amazônia (Figura 1). Atualmente ele é plantado comercialmente na Bahia, Amazonas, Mato Grosso, Acre e Pará (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2018).

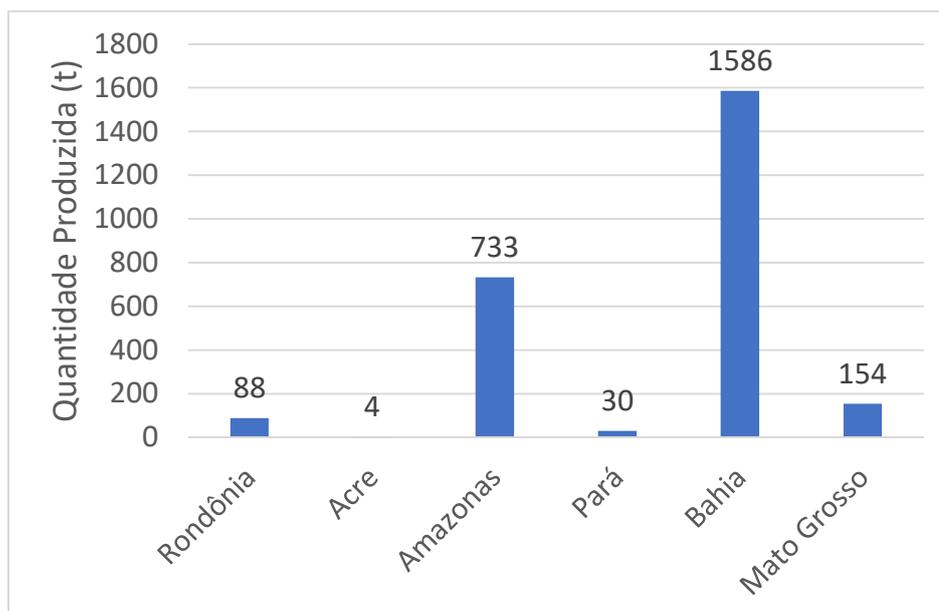


Figura 1. Estados brasileiros produtores de guaraná (Adaptado de IBGE, 2018).

O Brasil é o único produtor de guaraná, em termos comerciais, de guaraná do mundo. Dentre as regiões brasileiras, o estado da Bahia é o principal produtor, detentor de 60% da produção nacional em 2018, seguido por Amazonas. No Amazonas, o guaranazeiro é uma cultura plantada tanto por grandes como por pequenos produtores. Conforme o Censo Agropecuário de 2017, mais de 80% dos cultivos de guaranazeiro no Brasil eram conduzidos por agricultores familiares.

2. Classificação botânica

O guaranazeiro (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) possui cerca de 120 gêneros e 2 mil espécies de árvores, arbustos e cipós. É uma dicotiledônea pertencente à classe Magnoliopsida, ordem Sapindales, família Sapindaceae, subfamília Sapindoideae e gênero *Paullinia* (Atroch et al., 2009; Integrated Taxonomic Information System - ITIS, 2013).

3. Morfologia e anatomia

As plantas de *Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke apresentam folhas compostas por cinco folíolos, os quais são lobados quando jovens, e são providas de gavinhas quando adultas. A inflorescência é um cacho com tamanho variável, podendo ultrapassar 25 cm, e geralmente ocorre na axila das folhas ou na base de uma gavinha (Pires, 1949).

As flores são dispostas no eixo principal da inflorescência e são funcionalmente unissexuais. As flores femininas apresentam estames rudimentares e são tricarpelares; as masculinas possuem ovários atrofiados com óvulos, estilete e estigmas pouco desenvolvidos e oito estames. O cálice é composto de cinco sépalas. O fruto é uma cápsula deiscente que quando maduro pode variar de amarelo-alaranjado até vermelho-vivo e brilhante. Quando o fruto se abre, deixa aparecer uma semente castanho-escura envolta parcialmente por um arilo de coloração branca (Atroch et al., 2009; World Agroforestry Centre, s.d.).

Quando cultivada em campo aberto, tem a forma de arbusto subereto. Em seu estado natural esta espécie cresce como uma liana até atingir o extrato superior da floresta (Arruda et al., 2009).

4. Germinação e propagação vegetativa

O guaranazeiro pode ser reproduzido de duas maneiras: por via assexuada (propagação vegetativa por enraizamento de estacas ou enxertia) e sexuada (sementes). Na via sexuada, o método mais utilizado é a produção de mudas pelos produtores, justamente por ser simples e de baixo custo, de acordo com a Figura 2 (Costa et al., 1999).

As mudas são produzidas a partir de sementes ou de estacas, podendo o agricultor obtê-las através de seu próprio plantio ou adquiri-las de viveiristas certificados. Muitos produtores utilizam a propagação por sementes, por ser o método mais simples e mais barato, porém o uso de estacas é mais eficiente garantindo a homogeneidade na lavoura e na produção (Pereira, 2005).

As sementes são obtidas diretamente dos cachos sendo feita a retirada da mucilagem que reveste as amêndoas. Em seguida, as sementes são semeadas em canteiros. Nos canteiros a duração é de dois a três meses para germinar. O crescimento das mudas via propagação por sementes é lento, quando comparado ao método da estaquia. Além disso, a constituição genética altamente heterozigótica do guaranazeiro faz com que as características desejáveis da matriz sejam perdidas, se forem propagadas por sementes, devido à segregação dos genes (Pereira, 2005).

5. Desenvolvimento de raízes

A técnica de estaquia é muito vantajosa, pois permite, em um curto espaço de tempo, maximizar a produção de mudas, possibilitando que apenas uma única planta matriz possa gerar vários indivíduos idênticos (clones), possuindo baixo custo e fácil execução, além de produzir uniformidade nos plantios e viabilizar uma seleção mais eficiente em relação à

reprodução sexuada (Neves et al., 2006). A formação de raízes adventícias em uma estaca inicia-se após o corte na base da estaca, com uma reação histológica de cicatrização das células exteriores, formando uma placa necrosada, a qual é selada com uma cortiça (suberina). Esta placa evita a dessecação e a entrada de patógenos na estaca (Hartmann et al., 2002).

As plantas podem ser classificadas conforme sua capacidade de enraizamento (Hartmann et al., 2002), em três grupos:

1. Plantas de fácil enraizamento: os tecidos vegetais possuem substâncias endógenas necessárias à iniciação radicular e não é necessária a aplicação de auxinas exógenas para que as estacas formem raízes adventícias;

2. Plantas moderadamente fáceis de enraizamento: os tecidos vegetais possuem cofatores necessários, mas não possuem auxinas suficientes, sendo necessária a aplicação de auxinas exógenas para que as estacas tenham sucesso na formação de raízes adventícias;

3. Plantas de difícil enraizamento: os tecidos vegetais não possuem um ou mais cofatores, independentemente da quantidade de auxinas endógenas, sendo assim, somente a aplicação de substâncias exógenas não é suficiente para o enraizamento das estacas.

6. Desenvolvimento do xaule

Segundo Ducke (1937), o guaraná é uma espécie vegetal arbustiva e trepadeira, possuindo caule sulcado de casca escura. Pode atingir até 10m de altura, quando cresce sobre árvores em florestas, e de 2 a 3m quando cultivado em áreas abertas.

7. Desenvolvimento das folhas

As folhas são verdes, compostas, pentafolioladas, com folíolos menos profundamente lobados quando jovens e são providas de gavinhas quando adultas. A inflorescência é um cacho, com tamanho variável, chegando a ultrapassar 25 cm, e ocorre na axila das folhas ou na base de uma gavinha.

8. Efeito de fatores ecológicos

Diniz et al. (1986) realizaram uma análise interessante sobre variáveis climáticas das zonas produtoras de guaraná, conforme abaixo.

8.1 Temperatura do ar

Ao analisar os dados de temperatura média, máxima e mínima de áreas produtoras de guaraná, observaram a diferenciação de quatro regimes térmicos: áreas produtoras dos estados

do Amazonas e do Pará; áreas produtoras dos estados do Acre, Rondônia e Mato Grosso; áreas produtoras dos estados da Bahia e Espírito Santo; e áreas produtoras do estado de São Paulo.

É oportuno destacar que, na atualidade, não há registros de produtores de guaraná em atividade nas regiões dos estados do Espírito Santo e de São Paulo, locais que foram citados por Diniz et al. (1986) em sua classificação climatológica. Por outro lado, estes autores mencionam estas zonas produtoras de guaraná no Brasil classificando-as como atuais ou potenciais regiões produtoras de guaraná no País.

8.2 Luminosidade

Os totais anuais e mensais mais reduzidos de duração do brilho solar são encontrados nas áreas produtoras do estado do Amazonas, onde os totais anuais situam-se entre 1.630 horas e 1.940 horas, enquanto que os valores mais elevados se encontram nas áreas entre 2.230 horas e 2.380 horas. Nas áreas produtoras da Bahia, o total anual situa-se em torno de 2.100 horas e, nas do Espírito Santo, em torno de 2.000 horas.

8.3 Umidade relativa do ar

Em termos gerais, o guaraná está sendo cultivado em áreas submetidas a elevados valores de umidade do ar, uma vez que as médias anuais de umidade relativa variam entre 80% e 86%, e os valores mensais entre 73% e 89%, sendo que, na maioria dos meses, em todas as áreas avaliadas, os valores médios apresentam-se superiores a 80%.

8.4 Precipitação pluviométrica

Levando em consideração os totais pluviométricos anuais e mensais, é possível diferenciar regimes pluviométricos dentre as áreas produtoras de guaraná, como segue:

Regime 1 – Caracterizado por totais pluviométricos anuais entre 2.000 e 3.300 mm e totais mensais superiores a 60 mm em todos os anos, e que engloba os principais centros produtores do AM, áreas do AM, áreas do PA (incluindo Belém, Benevides, Castanhal e Cametá), Cruzeiro do Sul (AC) e as áreas produtoras na BA.

Regime 2 – Caracterizado por totais pluviométricos anuais entre 1.600 e 2.600 mm e totais mensais inferiores a 60 mm em até dois meses do ano e que corresponde a algumas áreas produtoras do PA (incluindo Monte Alegre e Tomé-Açú) e de SP.

Regime 3 – Caracterizado por totais pluviométricos anuais entre 1.300 e 2.400 mm e a ocorrência de 3 a 4 meses com totais pluviométricos inferiores a 60 mm, e que engloba áreas produtoras do PA (incluindo Altamira e Belterra), e de RO, MT e ES.

9. Relações hídricas

De acordo com a classificação de Diniz et al. (1986) a disponibilidade hídrica é obtida através do cálculo do balanço hídrico considerando níveis de retenção hídrica compatíveis com o sistema radicular da planta e as características dos solos dominantes, o que permitiu diferenciar áreas com distintas faixas de disponibilidade hídrica, conforme segue:

- Áreas com deficiência hídrica nula, que englobam Benjamin Constant (AM), as áreas produtoras do estado da Bahia, e Ubatuba, no Litoral paulista.
- Áreas com deficiência hídrica anual maior que zero e inferior a 50 mm, que englobam Manaus (AM), Belém, Benevides e Castanhal (PA), Cruzeiro do Sul (AC), Aracruz e Linhares (ES) e Pariquera-Açú (SP).
- Áreas com deficiência hídrica anual igual ou maior que 50 mm e inferior a 150 mm, que incluem Itacoatiara (AM), Cametá (PA) e Ouro Preto d'Oeste (RO).
- Áreas com deficiência hídrica anual igual ou maior que 150 mm e inferior a 250 mm, que incluem Belterra e Tomé-Açú (PA), Guajará Mirim (RO) e Alta Floresta (MT).
- Áreas com deficiência hídrica anual entre 250 mm e 300 mm, que incluem Altamira e Monte Alegre (PA).

10. Solos, nutrição e micorrizas

O guaranazeiro é cultivado em sua maior parte em territórios da Amazônia em regiões os o solo é classificado como latossolo amarelo ou avermelhados provenientes do quaternário anterior ou terciário posterior (Gonçalves, 1971).

Esses dois solos constituem a unidade pedogenica que apresenta maior distribuição geográfica na Amazônia brasileira (Falesi, 1972). Seus perfis exibem uma sequência de horizontes A, B e C, com ausência de A2, sendo profundos, fortemente desgastados, bem drenados, porosos, friáveis, fortemente ácidos, possuindo B Latossólico e com difícil diferenciação dos horizontes. Possuem baixa fertilidade, o que é consequência de sua gênese, pois na região amazônica derivam principalmente da evolução diagenica dos sedimentos argilo-arenosos caulíniticos pertencentes aos terciários da série Barreiras.

Os valores de soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação de bases são sempre baixos, como também o são os de fósforo assimilável. Os teores de matéria orgânica variam de médios a altos no horizonte A, decrescendo os valores consideravelmente com profundidade do perfil a.

Os solos tidos como aptos para a cultura (Terra Roxa Estruturada, Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Amarelo textura pesada) representava somente 11,2% do total, enquanto aqueles solos tidos como menos aptos para cultura, tais como o Concrecionário Laterítico e as Areias Quartzosas perfaziam 18,38% das propriedades levantadas.

Na ausência de uma recomendação de adubação proveniente de um resultado de análise de solo, pode-se utilizar a recomendação da Tabela 1, referente à adubação do guaranazeiro para o estado do Amazonas (EMBRAPA, 2005). No primeiro ano, aplicam-se os adubos em cobertura de 50 a 100 dias após o plantio, colocando-os ao redor e a 15 cm do colo da planta. No segundo e terceiro ano, o superfosfato simples e o sulfato de magnésio devem ser aplicados em uma única vez, e os demais adubos devem ser parcelados em 3 a 4 vezes, durante do período chuvoso. Devem ser colocados a partir de 20 cm do colo da planta em uma faixa de 30 cm de largura. A partir do quarto ano, os adubos são dispostos a uma distância 50 cm do colo da planta até o limite de projeção da copa.

Além dos adubos químicos recomenda-se aplicar em cobertura 10 litros/planta de esterco de gado, bem curtido, em uma única aplicação. A partir da frutificação as aplicações de adubos devem ser: 1ª aplicação - realizada no final do período produtivo (janeiro); 2ª aplicação - após a poda de frutificação (abril); e 3ª aplicação - antes do início da floração (maio).

Tabela 1. Adubação do guaranazeiro (Adaptado de EMBRAPA, 2005).

Idade da planta (anos)	Adubo g/ planta					
	Sulfato de Amônia	Superfosfato Simples	Cloreto de Potássio	Sulfato de Magnésio	Sulfato de Zinco	Borax
1	40	-	40	50	10	10
2	120	300	80	50	10	10
3	360	300	120	50	10	10

Uma alternativa para diminuir o uso de fertilizantes é proporcionar às plantas melhores condições de absorção dos nutrientes do solo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) enquadram-se nesse contexto, visto que aumentam a área de absorção das raízes das plantas, permitindo que explorem o solo mais eficientemente, tornando as menos dependentes de

adubos químicos e, ao mesmo tempo, proporcionando maior capacidade produtiva do solo (Miller; Jastrow, 1992).

Na maioria dos casos, os FMAs estimulam o crescimento vegetal como consequência do efeito sobre a nutrição das plantas, principalmente na absorção de P. Todavia, outros nutrientes, como Ca, S, Zn e Cu, também podem ser favorecidos (Marschner; Dell, 1994). Vários autores (Oliveira et al., 1999) já registraram a colonização micorrízica natural de inúmeras espécies de plantas da Amazônia, sem, contudo, avaliar sua contribuição para a nutrição das plantas.

Os guaranazeiros e os cupuaçuzeiros apresentaram maior colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares nativos na época chuvosa. Os teores foliares de Ca, Mg, K, P, Zn, Cu e Mn nos guaranazeiros e nos cupuaçuzeiros não foram influenciados pelas épocas de amostragem. A colonização micorrízica correlacionou-se com a concentração foliar de Ca, Mg, P e Cu no cupuaçuzeiro e com Ca, Fe, Zn e Cu no guaranazeiro (Marschner; Dell, 1994).

11. Fotossíntese e translocação

Dentre os vários fatores do ambiente que, em níveis inadequados, limitam a produção das espécies vegetais, sobressaem a luz e a temperatura, devido aos processos bioquímicos na folha, principalmente a fotossíntese (Salisbury; Ross, 1992). As altas temperaturas na superfície das folhas provocam aumento na transpiração das plantas, por variação do déficit de pressão de vapor (VPD) na superfície foliar e, conseqüentemente, tendem a diminuir a produtividade dos vegetais, devido a alterações nos processos bioquímicos (Ellis et al., 1990). Sobre este aspecto, Escobar et al. (1986), observaram que mudas de guaraná com oito a dez meses de idade, quando expostas à plena radiação solar tiveram suas taxas de crescimento reduzidas, em comparação com outras estavam sob sombrite, comportamento este que pode se repetir quando essa espécie for cultivada em sistemas agroflorestais.

12. Florescimento e frutificação

A floração do guaranazeiro ocorre nos meses mais secos do ano, com o amadurecimento dos frutos, dois ou três meses depois. Geralmente a planta inicia sua produção no segundo ano nas mudas de propagação vegetativa. Entretanto, é comum ocorrer floração no primeiro ano, demonstrando certa precocidade da cultura; em tais casos, é recomendada a retirada das inflorescências, a fim de não prejudicar o desenvolvimento vegetativo da planta (Pereira, 2005).

Os frutos, quando maduros, apresentam coloração vermelho-alaranjada, e abrem-se, parcialmente, deixando à mostra as sementes. Neste estágio, deve ser feita a colheita dos cachos, a fim de que as cápsulas (casca) não se abram totalmente, evitando assim, a queda das sementes (Pereira, 2005).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O guaranazeiro desenvolve-se bem em regiões onde predomina o clima quente e úmido, como é o caso da Amazônia e de algumas regiões do Brasil, como o sul da Bahia e o norte do Mato Grosso.

As condições ideais para o cultivo do guaraná incluem temperatura média anual de 23°C a 28°C, umidade relativa do ar superior a 50% e precipitação pluviométrica de 1.500 a 3.000 mm/ano, com um período de seca, fator este que aparentemente induz o florescimento da planta. No entanto, esses parâmetros não restringem a seleção de plantas capazes de produzir bem em climas mais amenos, pois há registros de plantio desde Roraima até São Paulo.

Devemos considerar ainda que o guaranazeiro apresenta uma grande variabilidade genética. Em outras palavras, isso quer dizer que, se for realizada uma prospecção em uma grande população de plantas, em diversas áreas do País ou mesmo em outros países, como as regiões da Amazônia Peruana e Venezuelana, é possível que se encontre tipos que se adaptem às condições adversas ao que hoje se conhece como área adequada para o seu cultivo. Entretanto, para que isso seja comprovado, há necessidade de se realizar plantios com estes materiais diversos em regiões consideradas marginais ao desenvolvimento da cultura, para que se possa aferir o seu comportamento. Se a Região apresentar um período muito frio, mesmo que de curta duração no ano, como ocorre, por exemplo, no Sul do Estado de Minas Gerais, este fato será, sem a menor dúvida, um complicador que poderá limitar bastante a obtenção de êxito nesta adaptação.

Contudo, somente os testes *in loco* poderão dizer. Hoje, contamos também com a engenharia genética, biotecnologia, que poderá, possivelmente, em futuro próximo, desenvolver cultivares de guaranazeiro com características de adaptação às regiões mais frias do País, apesar desta afirmação ainda ser hipotética.

Referências

- ARRUDA, M.R. et al. Produção e distribuição de fitomassa no guaranazeiro (*Paullinia cupana* H.B.K. var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2009, p. 2005-2010, 2010.
- ATROCH, A.L. et al. Domesticação e melhoramento do guaranazeiro. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R. **Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas**. Viçosa: UFV, 2009. p. 337-365.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- COSTA, R.C.S. da et al. **Recomendações técnicas sobre o cultivo de guaranazeiro**. Porto Velho: EMBRAPA, CPAF, 1999. 8 p. (Recomendações Técnicas, 15).
- DINIZ, T.D.A.S. et al. Aspectos climáticos e fenológicos relacionados a cultura do guaraná (*Paullinia cupana* Var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 4., 1986, Belém. p. 343-358.
- DUCKE, A. Diversidade dos guaranás. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 3, n.10, p. 155-156, 1937.
- EMBRAPA. **Cultura do guaranazeiro no Amazonas**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAA-2009-09/14953/1/Sistema_Prod_Guarana.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- ESCOBAR, J.R. et al. Desenvolvimento e crescimento de mudas de guaraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 399-408, 1986.
- FALESI, C.I. O estado atual dos conhecimentos sobre os solos da Amazônia Brasileira. **Boletim Técnico IPEAN**, Belém, n. 54, p. 17-67, 1972.
- GONÇALVES; C.J.R. **A cultura do guaraná: culturas da Amazônia**. 2. ed. Belém: IPEAN, 1971. 13 p.
- HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 7th ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2002. 880 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agrícola de 2018**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM. ***Paullinia cupana* Kunth**. Disponível em: <http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=506078>. Acesso em: 09 abr. 2023.
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 159, p. 89-102, 1994.

MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: America Society of Agronomy, 1992. p. 29-44.

MONTEIRO, M.Y. **Antropogeografia do guaraná**. 6. ed. Manaus: INPA, 1965. 84 p. (Cadernos da Amazônia).

NASCIMENTO FILHO, F.J.D. et al. Divergência genética entre clones de guaranazeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 501-506, 2001.

NEVES, T.S. et al. Enraizamento de corticeira-da-serra em função do tipo de estaca e das variações sazonais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 41, n. 1977, p. 1699-1705, 2006.

OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Micorrizas arbusculares e teores de nutrientes em bananeiras (*Musa spp*) em um Latossolo da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 20., 1999, Salvador. **Resumos...** p. 288.

ORA-PRO-NÓBIS



ORA-PRO-NÓBIS (*Pereskia aculeata*)

Catherine Amorim

Natália Couto Salib

1. Origem e distribuição geográfica

A ora-pro-nóbis - OPN (*Pereskia aculeata*) é uma planta originária dos trópicos, mais especificamente das Américas, com distribuição neotropical, que compreende a parte sul da América Central e a América do Sul, com relatos da presença nativa dessas plantas desde a Flórida até o Brasil (Brasil, 2010; Queiroz, 2012; Gronner et al., 1999). Tem como habitat a floresta seca e é uma espécie nativa, mas não endêmica no Brasil, podendo ser encontrada desde a Argentina até a Flórida (Queiroz, 2012).

No Brasil a planta é encontrada nas regiões Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Sergipe), Centro-Oeste (Goiás), Sudeste (Espírito Santo, Minas

Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (Figura 1) (Zappi et al., 2012).



Figura 1. Distribuição geográfica de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) no Brasil (Adaptado de Zappi et al., 2012).

2. Classificação botânica

A ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mil.; sinonímia *Pereskia aculeata* Plum.), denominação originária do latim “rogai por nós”, pode ser também conhecida popularmente por carne-de-pobre, lobrobô, lobrobó, mata-velha, pereskia, azedinha, jumbeba, orabrobó, rogai-por-nós, rosa-madeira, trepadeira-limão, groselha-de-barbados ou guaiapá (Kinupp; Lorenzi, 2014; Madeira et al., 2016; Telles et al., 2016). Madeira et al. (2013) explicam que, o nome popular de ora-pro-nóbis é originado da associação de que as pessoas colhiam as plantas no quintal de um padre, em seu momento de oração. Como observado na tabela 1, esta é uma planta pertencente à família das cactáceas, subfamília Pereskioideae (Mauseth, 1999) e gênero *Pereskia*, sendo a única da família que produz folhas verdadeiras bem desenvolvidas (Brasil, 2010; Madeira et al., 2016). Dentro da família Cactaceae, entre aproximadamente cerca de 108 gêneros e 1306 espécies de plantas, *P. aculeata*, tem sido uma importante alternativa para alimentação, devido ao alto teor de proteínas e carboidratos que apresenta.

Tabela 1. Classificação botânica de *Pereskia aculeata* segundo os sistemas de classificação vegetal de Engler e Cronquist (Adaptado de Engler, 1931, Cronquist, 1988).

	Engler		Cronquist	
Reino		Plantae		Plantae
Divisão	XIII	Embryophyta siphonogama		Magnoliophyta
Subdivisão	2	Angiospermae		Angiospermae
Classe	2	Dicotyledoneae	A	Magnoliopsida
Subclasse	1	Archychlamydeae	III	Caryophyllidae
Ordem	14	Cactales	1	Caryophyllales
Família	1	Cactaceae	6	Cactaceae
Subfamília		Pereskioideae		Pereskioideae
Gênero		<i>Pereskia</i>		<i>Pereskia</i>
Espécie		<i>Pereskia aculeata</i>		<i>Pereskia aculeata</i>

Outras espécies de importância econômica, porém menos comumente encontradas, são *P. corrugata* Cutak., *P. tampicana* F.A.C. Weber, *P. guamacho* F.A.C. Weber, *P. bleo* (Kunth) DC. e *P. grandifolia* Haw. (Duarte; Hayashi, 2005; Kinupp; Lorenzi, 2014). Tão conhecida quanto *P. aculeata*, é a espécie *P. grandifolia*, outra bastante conhecida e cultivada planta desse gênero. As demais espécies, apesar de conhecidas, não são tão abundantemente disseminadas.

A OPN figura como hortaliça não convencional (PANC) em documentos oficiais brasileiros (Brasil, 2010). Esta classificação se deve por não fazer parte de uma cadeia produtiva e ter uma distribuição limitada a determinadas regiões (Brasil, 2010; Queiroz, 2012).

3. Morfologia e anatomia

Ora-pro-nóbis é um arbusto semi lenhoso, de ramos longos e ramificados (Kinupp, Lorenzi, 2014). É uma planta perene, escandente e com características de trepadeira, se fixando em apoios, mas pode crescer sem a presença deste anteparo de acordo com a Figura 2A (Brasil, 2012; Kinupp; Lorenzi, 2014).



Figura 2. Exemplar de ora-pro-nóbis, com folhas e botões florais fechados (A), flores (B) e frutos (Adaptado de Queiroz, 2012).

Possuem folhas simples, verdadeiras, suculentas, lanceoladas, planas, concolor (de coloração igual de um lado e do outro), com ápices agudos e formato elíptico/oval e nervuras laterais em ângulo de 40 a 60 graus, conforme a Figura 3 (Queiroz, 2012; Zappi et al., 2012; Kinupp; Lorenzi, 2014). As folhas são glabras, ou seja, não apresentam pelos, tricomas ou estruturas similares na sua superfície externa (Kinupp, Lorenzi, 2014). Possuem limbo com textura carnosa, e pecíolo curto (Figura 3). O limbo apresenta células epidérmicas com paredes espessadas e estômatos paracíticos em ambas as faces. Seus estômatos estão inseridos no mesmo nível das células vizinhas. Sua cutícula é relativamente espessa e estriada (Duarte; Hayashi, 2005).



Figura 3. Detalhe de um ramo vegetativo, evidenciando a disposição das folhas e a presença de acúleos (Adaptado de Duarte e Hayashi, 2005).

O caule é fino, sublenhoso ou lenhoso onde se inserem folhas largas (Manke, 1998), o formato é cilíndrico, possuindo função de armazenamento de água, importante para o desenvolvimento em ambientes áridos, conforme a Figura 3 (Squena et al., 2012). Além disso, é espinescente, ou seja, no caule há a presença de acúleos (falsos espinhos), que são curvos e apresentam-se pareados nos ramos jovens de acordo com a Figura 3 (Brasil, 2010; Zappi et al., 2012; Kinupp, Lorenzi, 2014). Nos ramos mais velhos crescem aglomerados e bem lignificados formando poderosos espinhos, conforme a Figura 4 (Kinupp; Lorenzi; 2014; Madeira et al., 2016).



Figura 4. Acúleos na base do caule lignificado de ora-pro-nóbis (Adaptado de Telles et al., 2016).

Entre as características morfológicas, os caules apresentam cristais de oxalato de cálcio, os quais são importantes para defesa mecânica contra herbivoria, suporte estrutural e manutenção do equilíbrio iônico (Duarte; Hayashi, 2005); e feixes medulares considerados anômalos e sem função conhecida (Lopes et al., 2008; Lopes; Souza, 2008).

As inflorescências dessa espécie ocorrem em racemos curtos e axilares, com poucas flores (Kinupp; Lorenzi, 2014). As flores da OPN são pequenas, brancas, cerosas, melíferas, possuem odor agradável e permanecem abertas por apenas um dia, abrindo-se ao amanhecer e fechando-se ao entardecer (Boke, 1966; Brasil, 2010; Queiroz, 2012; Kinupp; Lorenzi, 2014). A flor é considerada perígina e apresenta no hipanto além de bractéolas verdes, acúleos (Rosa; Souza, 2003). Possuem cerca de 4 cm de diâmetro e seus receptáculos apresentam de 6 a 8

bractéolas foliares que aparecem nos frutos e caem quando esses amadurecem, de acordo com a Figura 2b (Queiroz, 2012).

Os frutos são pequenas bagas, verdes quando imaturos e amarelo-alaranjados quando maduros, conforme a Figura 2c (Boke, 1966; Brasil, 2010). Os frutos são comestíveis (Queiroz, 2012). As sementes possuem formato lenticular, cor marrom-escura a preta e são brilhantes quando maduras, conforme a Figura 2c (Queiroz, 2012).

4. Germinação e propagação vegetativa

As formas de propagação das plantas podem ser por sementes (Figura 5A), ou estacas caulinares (Figura 5b), caracterizadas pelo fácil enraizamento, e, portanto, sendo a forma de propagação mais utilizada (Kinupp, 2007; Kinupp; Lorenzi, 2014; Telles et al., 2016). Atualmente, segundo Madeira et al. (2016), ainda não há variedades registradas de ora-pro-nóbis, ocorrendo apenas a manutenção de clones locais, provavelmente originados por germinação esporádica de sementes botânicas.



Figura 5. Sementes (a) e estacas caulinares (b) de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) utilizadas para propagação da cultura (Adaptado de Telles et al., 2016).

A propagação por sementes é um método importante para geração de biodiversidade na cultura, no entanto, em relação às cactáceas, estudos de viabilidade são importantes, principalmente em regiões áridas ou semiáridas, onde além de outros fatores, a germinação é dificultada pela falta de água (Mihalte; Sestras; Feszt, 2011).

As estacas, para propagação vegetativa, devem ser plantadas com os acúleos voltados para baixo (Madeira et al., 2016) e ter por volta de 20 a 30 cm de comprimento, e quando

provenientes da região intermediária das hastas do caule, apresentam melhor pegamento em relação às de ponteiros e lenhosas. Cerca de dois terços da parte basal devem ser enterrados em substrato comercial ou composto orgânico, e as mudas transplantadas 30 a 45 dias após o enraizamento (Telles et al., 2016). Pode-se realizar o plantio de estacas não enraizadas diretamente no local definitivo, no entanto, o risco de falhas no enraizamento e não pegamento é alto, conforme a Figura 6 (Madeira et al., 2016).



Figura 6. Plantio de ora-pro-nóbis por estaca não enraizada diretamente no local definitivo com muda apresentando problemas de enraizamento (Adaptado de Madeira et al., 2016).

O preparo das mudas deve ser realizado, conforme indicado por Madeira et al. (2016), em ambiente protegido ou casa de vegetação, de forma a propiciar um ambiente com meia sombra para a propagação das mudas, em recipientes como, sacos plásticos normalmente utilizados em mudas de café, conforme a Figura 7a (12 cm x 8 cm) tubetes (Figura 7b), bandejas plásticas com células para eucalipto ou recipientes biodegradáveis (Figura 7c).

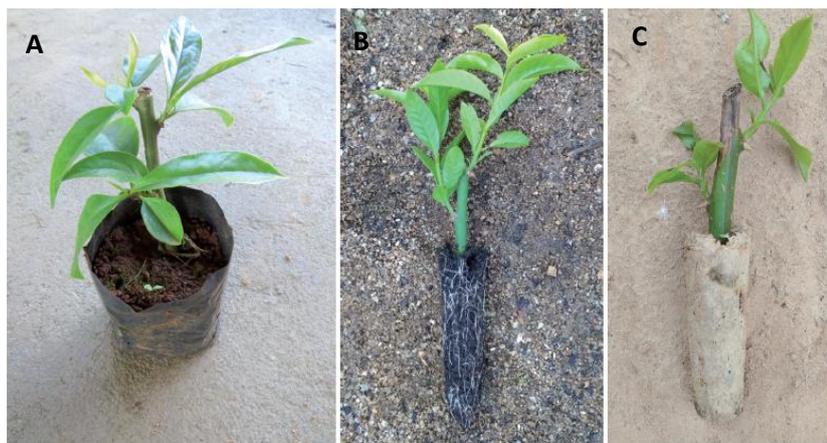


Figura 7. Mudas de ora-pro-nóbis propagadas em saco plástico (a), tubete (b) e recipiente biodegradável (c), (Adaptado de Madeira et al., 2016).

5. Desenvolvimento de raízes

Como enfatizado por Queiroz (2012), não há relatos científicos que abordem as raízes de ora-pro-nóbis. No entanto, espera-se que seja encontrado características típicas da família Cactaceae. Esta família possui raízes adventícias que surgem da base do hipocótilo, constituindo um sistema radicular fasciculado. O sistema de revestimento apresenta, em estrutura primária, a epiderme uniseriada de onde partem pelos unicelulares (Figura 8a). Na região cortical, as células apresentam contorno arredondado e estão limitadas internamente pela endoderme (Figura 8b). Em estrutura secundária, o sistema de revestimento é composto pela periderme, cujas células das camadas externas apresentam paredes lignificadas (Figuras 8c, 8d). Nesta fase, a estrutura interna das raízes está constituída pela periderme e pelo sistema vascular, tendo sido eliminada praticamente quase toda a região cortical, como pode ser visto em *Melocactus × horridus* Wedermann Notizbl, de acordo com a Figura 8d (Arruda et al., 2005).

O sistema vascular se encontra delimitado externamente pelo periciclo, o qual é multiseriado. O floema primário apresenta-se colapsado, sendo visualizadas apenas as células do floema secundário (Figura 8d). O xilema é constituído por elementos de vaso, com diâmetros variáveis, que ocorrem isolados ou agrupados, além de numerosas fibras e parênquima escasso ou ausente, conforme a Figura 8d (Arruda et al., 2005).

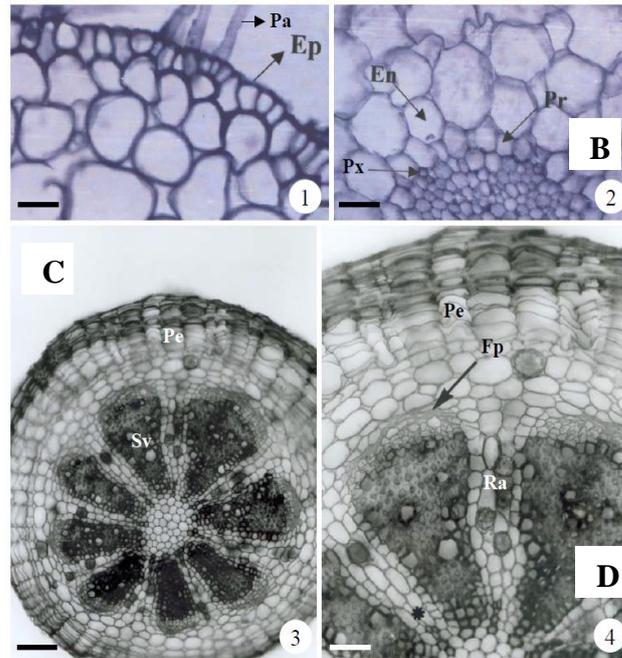


Figura 8. Seções transversais de raízes em estágio primário de desenvolvimento (a-b) e em crescimento secundário (c-d). a-b: *Tacinga palmadora*. A. Células epidérmicas (Ep) e pelos absorventes (Pa). b. Detalhes da região cortical interna e do sistema vascular, assinalam-se células do protoxilema (Px), a endoderme (En) e periciclo (Pr). c-d: *Tacinga inamoena*. c. Aspecto geral, mostrando a organização do sistema de revestimento (Pe) e vascular (Sv). d. Detalhe da figura anterior, evidenciando a periderme (Pe) e o sistema vascular; estão assinalados o floema primário colapsado (seta, Fp), um pólo de protoxilema (asterístico) e um raio (Ra). (En = endoderme; Ep = epiderme; Fp = floema primário; Pa = pêlo absorvente; Pe = periderme; Px = protoxilema; Pr = periciclo; Rm = raio medular; Sv = sistema vascular). Barra = 12,5 μ m (a, b); 100 μ m (c); 50 μ m (d) (Adaptado de Arruda et al., 2005).

6. Desenvolvimento do caule

A organização caulinar segue o estabelecido para plantas pertencentes à família das cactáceas, não sendo observados hipoderme e feixes vasculares, tanto na medula, quanto no córtex (Duarte; Hayashi, 2004). O caule seccionado transversalmente apresenta formato circular, conforme a Figura 9a (Squena et al., 2012).

Quando em desenvolvimento secundário (Figura 9b), o caule apresenta epiderme uniestratificada revestida por uma cutícula espessada levemente estriada, de acordo com a Figura 9c (Squena et al., 2012). Na camada interna à epiderme, observa-se cerca de quatro a cinco camadas de colênquima angular (Duarte; Hayashi, 2004; Squena et al., 2012). No parênquima cortical são observados numerosos amiloplastos e cloroplastos (Figura 9D). No floema estão localizadas calotas de fibras perivasculares e esparsas fibras isoladas, de paredes espessadas e lúmen reduzido (Duarte; Hayashi, 2004). Os elementos traqueais, no xilema, estão dispostos de forma isolada ou em pequenos grupos, e a medula, formada por células parenquimáticas contendo amiloplasto, ocupa um volume considerável do caule conforme a Figura 9b (Duarte; Hayashi, 2004). Ainda, tanto no córtex, quanto na medula, são observados

idioblastos com drusas de oxalato de cálcio e cavidades relativamente grandes, contendo mucilagem (Duarte; Hayashi, 2004; Squena et al., 2012).

7. Desenvolvimento das folhas

O limbo das folhas de ora-pro-nóbis, em vista frontal, possui células epidérmicas com paredes anticlinais poligonais, espessadas e estômatos paracíticos em ambas as faces (Figuras 10a, 10b e 10c). Estes estão inseridos no mesmo nível das células circunvizinhas. Cutícula relativamente espessada e estriada (Figura 10c) reveste a epiderme uniestratificada (Duarte; Hayashi, 2005).

O mesofilo tende a ser dorsiventral (Figuras 10d e 10g), sendo constituído por cerca de quatro a oito camadas de parênquima paliçádico atípico, cujas células são largas, comparativamente curtas e pouco diferenciadas do parênquima esponjoso. Este é multiestratificado, forma pequenos espaços intercelulares e representa aproximadamente 50% da altura do colênquima (Duarte; Hayashi, 2005).

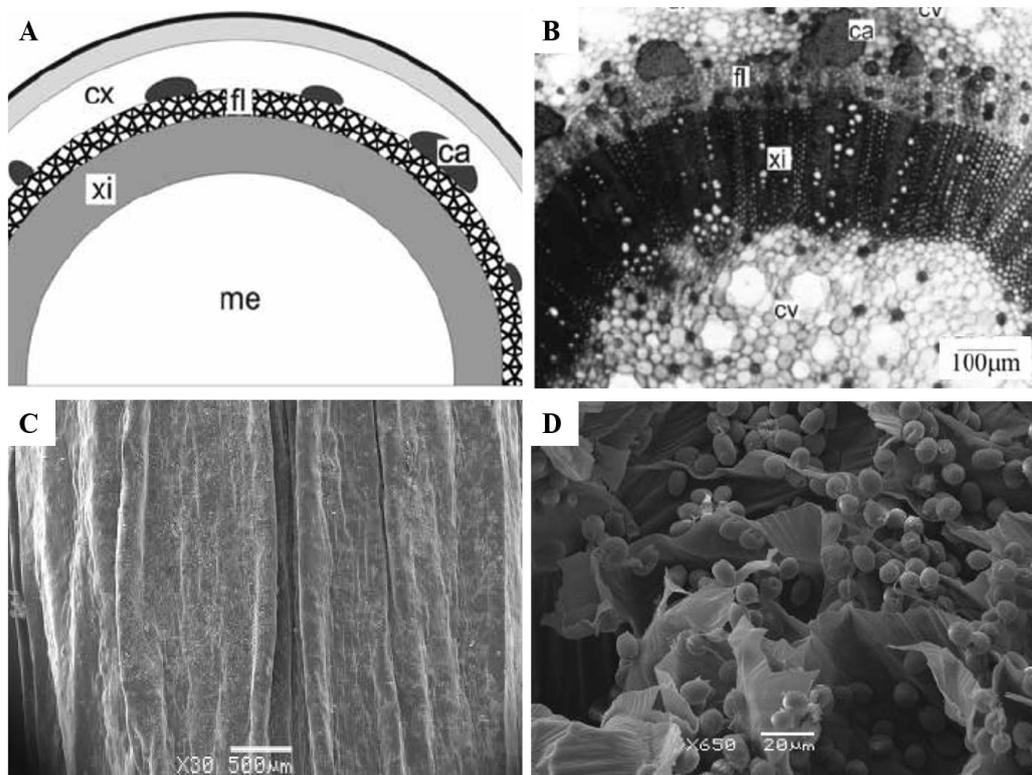


Figura 9. Diagrama de organização caulinar de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*) (a), seção transversal do caule em crescimento secundário (b), vista frontal do caule de *Pereskia aculeata* mostrando cutícula estriada (c), e microscopia eletrônica de varredura evidenciando grãos de amido localizados no córtex do caule (d). ca – calota de fibras perivasculares, co – colênquima, cv – cavidade contendo mucilagem, cx - córtex, dr – drusa, ep – epiderme, fl – floema, me – medula, xi – xilema (Adaptado de Duarte; Hayashi, 2004; Squena et al., 2012).

Numerosos feixes vasculares colaterais de pequeno porte, envoltos por uma bainha parenquimática, distribuem-se no mesofilo. Idioblastos com drusas de oxalato de cálcio e grandes células isodiamétricas com conteúdo mucilaginoso são observados no colênquima de acordo com a Figura 10g (Duarte; Hayashi, 2005).

A nervura central (Figuras 10d e 10f) é praticamente plana na face adaxial e levemente convexa na abaxial. A epiderme exibe as mesmas características do limbo e o parênquima paliádico não se interrompe junto à face adaxial. Um feixe vascular colateral (Figuras 10e e 10f) em formato de arco aberto percorre a nervura e é envolvido por uma bainha amilífera. No xilema, os elementos traqueais dispõem-se de modo enfileirado, separados por células parenquimáticas. No floema, os elementos crivados acompanhados de células parenquimáticas especializadas e não especializadas formam cordões lado a lado. A zona cambial pode ser distinguida junto aos cordões floemáticos (Duarte; Hayashi, 2005).

8. Efeitos de fatores ecológicos

A cultura da ora-pro-nóbis é bem adaptada às condições de clima tropical e subtropical, as plantas são bastante rústicas e resistentes à seca (Barbosa, 2012), próprias de climas tropical e subtropical (Brasil, 2010), com precipitação média anual entre 1200 mm e 1800 mm, temperatura média anual entre 18°C e 23°C (Madeira et al., 2016). As temperaturas máximas e mínimas toleradas ficam entre 25°C e 31°C, e 10°C e 15°C, respectivamente (Madeira et al., 2016). Segundo os mesmos autores, é recomendado que o plantio seja realizado durante o período chuvoso, pois é importante que a planta possua um bom aporte hídrico na fase inicial de seu desenvolvimento, para que depois de estabelecida seja então, resistente à seca. Apesar da rusticidade e boa adaptabilidade, é relatado que o crescimento da parte aérea pode ser suprimido, quando em condições adversas (Queiroz, 2012).

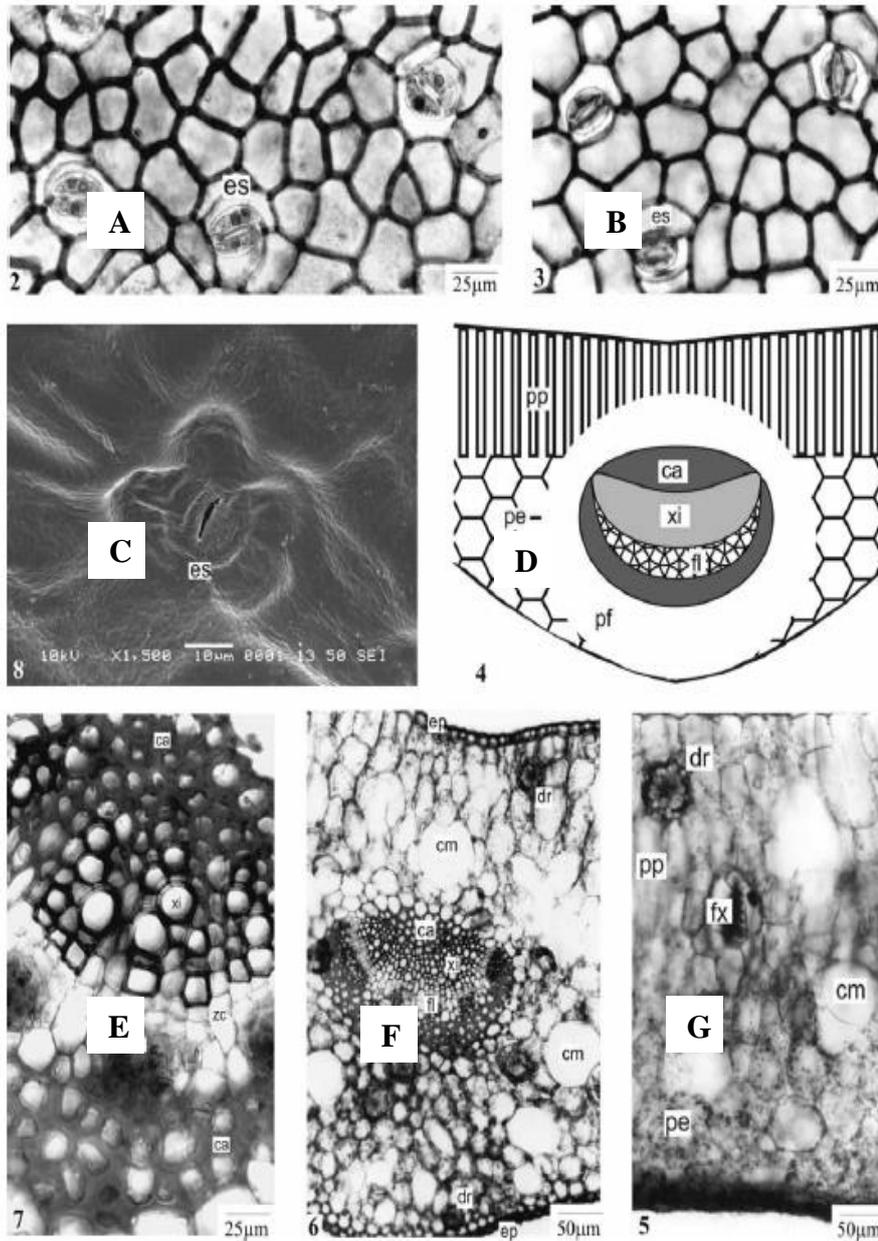


Figura 10. *P. aculeata*: (a-b) faces epidérmicas adaxial e abaxial, respectivamente; (c) detalhe de um estômato e da epiderme, onde se observa cutícula estriada (MEV); (d) diagrama da organização da nervura central e parte do limbo; (e) detalhe do feixe vascular colateral da nervura central; (f) nervura central, em secção transversal, onde se notam células grandes contendo mucilagem, drusas e um feixe vascular em arco aberto; (g) secção transversal do limbo, indicando feixe vascular de pequeno porte. ca – calota de células de paredes espessadas, cm – célula com mucilagem, dr – drusa, ep – epiderme, es – estômato, fl – fl oema, fx – feixe vascular, pe – parênquima esponjoso, pf – parênquima fundamental, pp – parênquima paliádico, xi – xilema, zc – zona cambial (Adaptado de Duarte; Hayashi, 2005).

Por ser uma cultura rústica, as plantas se adaptam bem à vários tipos de solo, sem muitas exigências em fertilidade (Brasil, 2010; Barbosa, 2012), no entanto, estes devem ser bem drenados, pois a cultura não tolera encharcamento, podendo acarretar na paralisação do crescimento da planta ou senescência (Madeira et al., 2013).

O plantio em locais de alta altitude, e com ocorrência de geadas, pode acarretar na redução do crescimento, queima de folhas e até interrupção da colheita (Madeira et al., 2016). O excesso de calor também pode acabar comprometendo o desenvolvimento das plantas, recomendando-se o plantio em locais com altitude ideal entre 500 m e 800 m (Madeira et al., 2016).

Para a germinação, foi estabelecido um intervalo de temperatura ótimo entre 6 e 38°C, com máximo de germinação em 33°C (Queiroz, 2012). Além disso, a germinação também ocorre de forma independente da presença de luz, quando no intervalo ótimo de temperatura (Queiroz, 2012).

9. Relações hídricas

Sabe-se do papel fundamental desempenhado pela água na vida de qualquer ser vivo, incluindo das plantas. Apesar de ser um dos recursos ambientais mais abundantes, a água também é um dos mais limitantes, isto porque cerca de 97 % da totalidade da água absorvida pelas plantas é perdida através da transpiração (Taiz et al., 2017). Sendo assim é essencial para um bom desenvolvimento da planta para que haja um equilíbrio no balanço hídrico.

Os potenciais hídricos foliares mínimos da ora-pro-nóbis são elevados para plantas de clima tropical semiárido e possuem elevada eficiência para a fotossíntese. As máximas taxas de transpiração são consideradas baixas e possuem armazenamento de água no tecido foliar considerado levemente suculento. O extenso grupo de adaptações peculiares à escassez de água lhe permite ser perene e apresentar-se sempre verde apesar das condições de seca extrema (Edwards, Donoghue, 2006). Apesar de a planta apresentar tolerância à seca é importante que se tenha um aporte hídrico, para um melhor desenvolvimento (Madeira et al., 2016).

10. Solos e nutrição

Os elementos presentes nos tecidos vegetais podem ser classificados de acordo com a essencialidade. Sendo essenciais, ou seja, aqueles sem os quais a planta não sobrevive, C, O, H, N, K, Ca, P, Mg, S, Cl, Mn, B, Zn, Fe, Ni, Cu e Mo; e benéficos, ou seja, são aqueles cuja essencialidade existe somente para algumas espécies vegetais quando presentes (Na, Si, Se e Co). Diversos são os fatores que influenciam a eficiência nutricional de uma planta, como por exemplo, temperatura, radiação solar, solo, variabilidade genética e disponibilidade de água. Queiroz (2012) enfatiza que ainda não existem relatos científicos acerca da necessidade

nutricional de OPN, mas considera que de forma geral, o ciclo de uma planta é prejudicado pela falta de qualquer um dos nutrientes essenciais.

Por se tratar de uma planta bastante rústica e tolerante à seca, adapta-se a diversos tipos de solos, sendo pouco exigente em fertilidade (Brasil, 2010). Apesar disso, recomenda-se realizar a correção do pH do solo, de forma que a saturação de bases seja elevada à 60% (Madeira et al., 2016). O pH do solo ideal para o desenvolvimento da cultura deve ser entre 5,5 e 6,0 (Madeira et al., 2016).

No plantio, é recomendado colocar na cova 60 g de calcário dolomítico ou magnesiano com 200 g de N-P-K e 3 a 6 L de esterco de curral curtido (Telles et al., 2016). Caso a análise de solo indique níveis de fósforo (P) inferiores a 10 mg dm^{-3} , é indicado que se realize fosfatagem em área total ($100 \text{ a } 300 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5) juntamente com a segunda metade do calcário (Madeira et al., 2016). Como não há uma recomendação específica para esta cultura, Madeira et al. (2016), sugerem que se utilize as recomendações de adubação de plantio para a roseira (Tabela 2). Nitrogênio (N) e potássio (K) devem ser constantemente fornecidos às plantas após cada colheita, aplicados em solo úmido (Madeira et al., 2016).

Tabela 2. Recomendações de adubação de plantio para ora-pro-nóbis com base na recomendação para roseira (Adaptado de Madeira et al., 2016).

Dose de N ⁽⁴⁾	Disponibilidade de P ⁽¹⁾			Disponibilidade de K ⁽²⁾		
	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta
	Dose de P_2O_5 (kg ha^{-1}) ⁽³⁾			Dose de K_2O (kg ha^{-1}) ⁽⁴⁾		
80	300	200	100	240	160	80

⁽¹⁾ Baixa: $<25 \text{ mg dm}^{-3}$; média: entre 25 mg dm^{-3} e 50 mg dm^{-3} ; alta: $>50 \text{ mg dm}^{-3}$;

⁽²⁾ Baixa: $<50 \text{ mg dm}^{-3}$; média: entre 50 mg dm^{-3} e 100 mg dm^{-3} ; alta: $>100 \text{ mg dm}^{-3}$.

⁽³⁾ Dose total a ser aplicada previamente ao plantio.

⁽⁴⁾ Dose total a ser aplicada ao longo do primeiro ano, efetuando as aplicações sempre após cada colheita.

11. Fotossíntese e translocação

Queiroz (2012) relata as evidências apresentadas por diferentes autores a respeito da forma de fixação de CO_2 . A ora-pro-nóbis é considerada por Gehrig et al. (1998) de metabolismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas), determinado por análise comparativa de sequenciamento de DNA. Entretanto, Marchese et al. (2006) utilizando técnicas de espectroscopia de massa e determinando a razão isotópica entre ^{13}C e ^{12}C , relataram que seu metabolismo é do tipo C3. Por outro lado, Edqards e Donoghue (2006) admitem por meio de estudos com sete diferentes espécies de *Pereskia*, que essas apresentam ciclo CAM, o qual permitiria uma variação na rota fotossintética em que a planta abre seus

estômatos durante o dia e fecha durante a noite, porém com reassimilação interna do CO₂ respirado.

12. Florescimento e frutificação

O processo de florescimento ocorre com a transição da fase juvenil para adulta. A floração é induzida quando, o estímulo floral, ou florígeno, é translocado via floema, do núcleo das células companheiras dos elementos crivados do floema, para o meristema apical do caule, onde então desencadeia a expressão de genes homeóticos florais (Taiz et al., 2017). Após a indução floral, é iniciado o desenvolvimento e formação das flores. Um aumento no número de divisões celulares marca a transição do desenvolvimento vegetativo, para o reprodutivo. Não há muitos relatos sobre o tipo de desenvolvimento floral de OPN, e a forma como isso acontece na fisiologia interna da planta, mas o modelo ABC, explicado em *Arabidopsis* por Taiz et al. (2017), promove uma elucidação de como o processo possa ocorrer. Cinco genes controlam a identidade dos órgãos florais, que foram descritos em três classes: A, B e C, como podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3. Modelo de genes ABC para desenvolvimento dos órgãos florais (Adaptado de Taiz et al., 2017).

Classe	Genes promotores em <i>Arabidopsis</i>	Verticílio	Atividade promove a formação	Ação
A	<i>AP1 e AP2</i>	1°	Sépala	Isolada
		2°	Pétala	Conjunta com a classe B
B	<i>AP3 e PI</i>	2°	Pétala	Conjunta com a classe A
		3°	Estame	Conjunta com a classe C
C	<i>AG</i>	3°	Estame	Conjunta com a classe B
		4°	Carpelo	Isolada

O florescimento ocorre entre os meses de janeiro a abril (Farago et al., 2004) na forma de inflorescências em racemos curtos e axilares, com algumas flores grandes (Figura 11a) e cerosas (Kinupp; Lorenzi, 2014). A coloração das flores é branca (Figura 11b), e possuem odor agradável, permanecendo abertas durante um dia apenas (Queiroz, 2012). O cálice e a corola das flores possuem coloração branca com doze ou mais pétalas, envolvendo os estames de coloração alaranjada (Figura 11a, b), com o intenso odor, que apresenta grande potencial melífero (Madeira et al., 2016). As flores de OPN apresentam-se com cerca de 4 cm de diâmetro, e seus receptáculos possuem entre seis a oito bractéolas foliares, que caem, quando os frutos estão maduros. São consideradas perígenas, apresentando hipanto além de bractéolas verdes, e acúleos (Queiroz, 2012).

A formação dos frutos se inicia com a polinização dos pistilos das flores e posterior fecundação dos ovários e formação do embrião. É iniciado então, o desenvolvimento do endosperma, a partir de divisões mitóticas a partir do núcleo do endosperma primário, resultante da fecundação (Taiz et al., 2017), este irá fornecer nutrientes para o desenvolvimento do embrião, e a semente então é formada. Após o ovário maduro, contendo a semente já formada, o fruto se desenvolve a partir deste, por seguidas divisões celulares, e expansão das células, de modo a proteger a semente.

Os frutos são globosos, do tipo baga, com coloração amarela (Figura 11c) e duas ou três sementes pretas (Kinupp, Lorenzi, 2014; Madeira et al., 2016). O peso destes varia entre 2,6 e 11,5 g (Telles et al., 2016). As sementes apresentam formato lenticular, coloração marrom-escuro a preta, e são brilhantes quando maduras (Queiroz, 2012).



Figura 11. Ramos floridos de ora-pro-nóbis com estames alaranjados (a), detalhe de flor com estames amarelos (b) e frutos em diferentes estádios de maturidade (Adaptado de Kinupp, 2007).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

De acordo com a definição do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2017), zoneamento agrícola de risco climático é um instrumento de política agrícola e gestão de riscos na agricultura. O estudo é elaborado com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos adversos e permite a cada município identificar a melhor época de plantio das culturas, nos diferentes tipos de solo e ciclos de cultivares.

A OPN é uma planta rústica resistente à seca, própria de clima tropical e subtropical (Madeira et al., 2016). A cultura é bem adaptada às condições desses agrossistemas. Precipitação anual variando de 1200 mm a 1800 mm e temperaturas médias anuais entre 18 e 23°C, com máximas anuais entre 25 e 31°C e mínimas nos meses mais frios entre 10 e 15°C. A época recomendada para o plantio varia conforme a região (Madeira et al., 2016).

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, recomenda-se o plantio de setembro a janeiro. Em regiões sem ocorrência de fortes geadas, como ocorre esporadicamente em regiões serranas com altitude superior a 1.000 m de Minas Gerais e São Paulo, há produção o ano inteiro (Madeira et al., 2016).

Tabela 4. Épocas de plantio de ora-pro-nóbis em função da região e altitude (Adaptado de Madeira et al., 2016).

Região	Altitude (m)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sul	> 700									X	X	X	
Sul	400 – 700								X	X	X	X	X
Sul	0 – 400	X							X	X	X	X	X
Sudeste	> 600	X	X						X	X	X	X	X
Sudeste	0 – 600	X	X						X	X	X	X	X
Centro-Oeste	> 300								X	X	X	X	X
Nordeste	> 500	X	X	X									X

Observando o crescimento de outras espécies de *Pereskia*, Leuenberger (1992), relata grande plasticidade nas características vegetativas destas. Segundo ele, o crescimento da parte aérea pode ser suprimido em função de condições adversas extremas. Além disso, suas flores podem ser esperadas apenas se as plantas obtidas de estacas adultas enraizadas estiverem em vasos e com adubação com baixo teor de nitrogênio, pois de forma oposta, haveria intenso crescimento vegetativo (Leuenberger, 1992).

14. Estratégias para altas produções

Por ser uma espécie que ainda não possui uma cadeia produtiva bem estabelecida, os aspectos de produção são dificultados, sendo uma opção de produção para agricultura familiar de baixa renda (Telles et al., 2016).

Madeira et al. (2016) sugerem que, para uma melhor produção, o plantio seja realizado em linhas, estabelecendo o maior número de plantas por área, para um bom aproveitamento do espaço. Esses autores recomendam o espaçamento entre plantas de 1,0 m a 1,25 m, 1,0 m entre linhas simples, e 2,5 m entre linhas duplas, dessa forma, utilizando o melhor aproveitamento de espaço possível, têm-se 5.714 plantas ha⁻¹.

Outra estratégia que pode ser utilizada para se melhorar a produção é o uso de irrigação. Apesar de ser uma cultura rústica, a irrigação pode usada como uma aliada em locais com três a cinco meses de período de seca prolongada, ou obrigatória em regiões com seis ou mais meses sem chuvas, como Nordeste e Sudeste (Madeira et al., 2016). Esses

autores recomendam o uso de irrigação por aspersão ou localizada, por gotejamento ou microaspersão em faixas, sendo a última mais recomendada.

Madeira et al. (2016) ainda preconizam o *mulching*, como proposta para controle de plantas invasoras nas entrelinhas, nas primeiras semanas após o transplântio. Este pode ser de cobertura de palha. Ainda, em regiões frias, logo após o último corte, pode-se realizar semeadura de plantas de cobertura para adubação verde de inverno.

15. Efeitos de reguladores vegetais

Reguladores vegetais são definidos como substâncias naturais ou sintéticas que podem ser aplicados diretamente nas plantas para alterar seus processos vitais e estruturais para incrementar a produção e melhorar a qualidade de culturas de interesse econômico (Laca-Buendia, 1989). Tais substâncias são hoje classificadas como reguladores vegetais e até recentemente, apenas alguns tipos deles eram considerados: auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno. Contudo, hoje outras moléculas com efeitos similares têm sido descobertas, tais como, brassinosteroides, ácido jasmônico, ácido salicílico e poliaminas (Cato, 2006). O uso de biorreguladores na agricultura tem mostrado grande potencial no aumento da produtividade, embora sua utilização ainda não seja uma prática rotineira em culturas que não são amplamente cultivadas, como é o caso da ora-pro-nóbis (Vieira; Castro, 2001).

16. Senescência

A senescência é um processo natural do desenvolvimento da planta, controlado por fatores ambientais e endógenos, geneticamente regulados pelo metabolismo do vegetal, neste caso, denominada morte celular programada (MCP). A senescência pode ocorrer devido a uma resposta a algum tipo de estresse, como estresse hídrico, por temperatura, ou ataque de patógenos. Ou então, esta pode refletir parte de um programa normal de desenvolvimento final da planta. Ocorre então, a redistribuição de nutrientes, e degradação ordenada dos conteúdos celulares, por meio de enzimas hidrolíticas, acarretando na abscisão do órgão senescente da planta (Taiz et al., 2017).

O etileno é um dos principais reguladores da senescência em tecidos vegetais. Taiz et al. (2017) salientam que este é um hormônio, promotor da senescência, bem como, desempenha um papel importante na abscisão foliar. Esses autores ainda explicam que o etileno não é essencial para o início e progressão da senescência, mas que a sua sinalização atua na aceleração do processo. Outro importante hormônio da senescência é o ácido

abscísico (ABA). Este, assim como o etileno, é considerado um intensificador do processo em questão. Um hormônio essencial para o desencadeamento do processo de MCP é o ácido salicílico (AS). Evidências indicam que o AS desempenha um papel tanto no início, quanto na progressão da senescência, por meio da regulação transcricional de diversos genes associados à senescência (SAGs), como o *WRKY53* em *Arabidopsis* (Taiz et al., 2017).

A abscisão foliar é uma consequência proveniente do processo de senescência, e importante em OPN, visto que se objetiva a produção de folhas. Esse processo fisiológico ocorre pela chamada zona de abscisão (Figura 12a e 12b), na base do pecíolo foliar. Essa região sofre modificações morfológicas e bioquímicas durante o desenvolvimento, até que, antes da abscisão, há a formação de uma camada de separação, resultando na dissolução das paredes celulares (Figura 12c), com posterior queda da folha.

Auxina e etileno são dois hormônios chave para o desencadeamento da abscisão. Em condições de desenvolvimento, a auxina elevada na folha, atua reduzindo a sensibilidade do pecíolo à ação do etileno. Quando o processo de abscisão é induzido, ocorre redução das taxas de auxina na folha, aumentando a sensibilidade do pecíolo à ação do etileno na camada de abscisão, que atua como um sinalizador de enzimas que hidrolisam os polissacarídeos das paredes celulares (Taiz et al., 2017).

A queda das folhas é uma das primeiras etapas do processo de senescência. Com o número de folhas reduzido, a planta, já com o metabolismo desacelerado, passa a sintetizar menos fotoassimilados. Com as reservas em níveis críticos, ocorre a morte dos demais tecidos da planta.

A literatura relacionada ao cultivo de ora-pro-nóbis ainda é um tanto deficiente, e caminha a passos lentos, então poucos são os materiais sobre o ciclo vegetativo desta cultura. Madeira et al. (2016) sugerem que uma lavoura de OPN, dependendo dos tratamentos culturais, e manejo de colheitas sucessivas, pode durar, em média, de doze a vinte anos. A morte celular também pode ocorrer devido ao ataque de patógenos ou outros fatores externos. Em OPN, a ocorrência de geadas, florescimento precoce, podridões na base do caule, ataques por nematoides, lesmas ou caracóis, besouros desfolhadores, lagartas e cochonilhas, são fatores críticos, que podem acarretar na antecipação da senescência (Madeira et al., 2016).

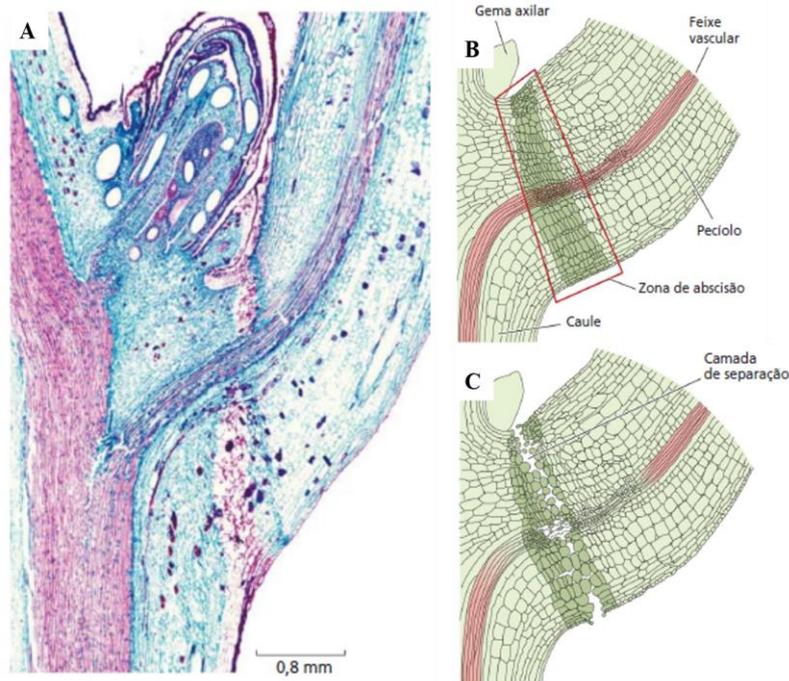


Figura 12. (a) Fotomicrografia óptica da zona de abscisão foliar em folha de *Ginkgo biloba*. (b) Diagrama de células, mostrando a camada de abscisão foliar, e (c) rompimento das paredes celulares na camada de abscisão, acarretando na queda da folha (Adaptado de Taiz et al., 2018).

17. Nutrição e utilização

Ora-pro-nóbis é uma das hortaliças não convencionais (PANCs) que apresenta um alto potencial de utilização (Kinupp, 2007), principalmente, devido ao seu alto valor nutricional, biológico e facilidade de produção. Na alimentação o seu uso é bem diversificado, come-se as folhas, frutos e flores, cruas ou cozidas. As folhas podem ser usadas em saladas, refogados, sopas, omeletes ou tortas, além de enriquecer pães, bolos e massas (Kelen et al., 2015). Sua mucilagem pode substituir o ovo nas preparações. Os frutos podem ser usados para sucos, geleias, mousses e licor. As sementes podem ser germinadas para produzir brotos. As flores jovens podem ser usadas em saladas, salteadas puras ou com carnes e em omelete (Kelen et al., 2015).

Sua utilização, vem principalmente devido ao alto teor de proteína que possui, sendo em muitos locais, popularmente conhecida como carne-de-pobre. As folhas de OPN possuem cerca de 25% de proteínas (peso seco), das quais 85% acham-se numa forma digestível, por essa razão são muito consumidas em dietas veganas e vegetarianas, como fonte proteica (Kelen et al., 2015). Além disso, possui ainda vitaminas A, B e principalmente C, além de cálcio, fósforo e quantidade considerável de ferro, ajudando no combate a anemias (Kelen et al., 2015).

No entanto, apesar do alto potencial, elevada rusticidade e riqueza nutricional, essa cultura ainda é marginalmente produzida, sendo difícil encontrar suas folhas para vender no mercado. Madeira et al. (2016) justifica isto devido ao seu delicado manuseio pela presença de acúleos e espinhos.

A OPN também é utilizada como planta ornamental, para fins de produção de mel, devido ao alto conteúdo de pólen e néctar durante a floração, em que é rica, e que acaba por atrair muitos insetos (Brasil, 2010).

Referências

ARRUDA, E.; MELO-DE-PINNA, G.F.; ALVES, M. Anatomia dos órgãos vegetativos de Cactaceae da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 589-601, 2005.

BARBOSA, C.K. **Manejo e conservação pós-colheita de *Pereskia aculeata* Mill.** 2012. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília, 2010. 92 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola, 2017**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/riscos-seguro/risco-agropecuário/zoneamento-agricola>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

CATO, S.C. **Ação de bioestimulante nas culturas do amendoimzeiro, sorgo e trigo e interações hormonais entre auxinas, citocininas e giberelinas**. 2006. 73 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. 2nd ed. New York: The New York Botanical Garden, 1988.

DUARTE, M.R.; HAYASHI, S.S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005.

EDWARDS, E.J.; DONOGHUE, M.J. *Pereskia* and the origin of the cactus life-form. **The American Naturalist**, Chicago, v. 167, n. 6, p. 777-793, 2006.

ENGLER, A. Die Natürlichen Pflanzenfamilien. In: ENGLER, H.G.A.; PRANTL, K. (Ed.). 2nd ed. Leipzig: Wilhelm Engelmann, 1931. v. 19, p. 187-359.

FARAGO, P.V. et al. Análise morfo-anatômica de folhas de *Pereskia grandifolia* Haw., Cactaceae. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v. 23, n. 3, p. 323-327, 2004.

GEHRIG, H.H.; HEUTE, V.; KLUGE, M. Toward a better knowledge of the molecular evolution of phosphoenolpyruvate carboxylase by comparison of partial cDNA sequences. **Journal of Molecular Evolution**, New York, v. 46, p. 107-114, 1998.

GRONNER, A.; SILVA, V.D.; MALUF, W.R. **Ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata*): a carne de pobre**. Lavras: UFLA, 1999. (Boletim Técnico de Hortaliças, 37).

KELEN, M.E.B. et al. **Plantas alimentícias não convencionais (PANCs): hortaliças espontâneas e nativas**. Porto Alegre: UFRGS, 2015.

KINUPP, V.F. **Plantas alimentícias não convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2007. 590 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2014. 590 p.

LACA-BUENDIA, J.P. Efeito de reguladores de crescimento no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 109-113, 1989.

MADEIRA, N.R. et al. **Manual de produção de hortaliças tradicionais**. Brasília: EMBRAPA, 2013. 155 p.

MADEIRA, N.R. et al. **Cultivo de ora-pro-nóbis (*Pereskia*) em plantio adensado sob manejo de colheitas sucessivas**. Brasília: EMBRAPA, CNPH, 2016. (Circular Técnica, 156).

MANKE, E. **Cactus**. Barron, 1998.

MARCHESE, J.A. et al. Carbon isotope composition as a tool to control the quality of herbs and medicinal plants. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 44, n. 1, p. 155-159, 2006.

MAUSETH, J.D. Anatomical adaptations to xeric conditions in *Maihuenia* (Cactaceae), a relictual, leaf-bearing cactus. **Journal of Plant Research**, Tokyo, v. 112, p. 307-3015, 1999.

MIHALTE, L.; SESTRAS, R.E.; FESZT, G. Methods to improve seed germination of Cactaceae species. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sophia, v. 17, n. 3, p. 288-295, 2011.

QUEIROZ, C.R.A.A. **Cultivo e composição química de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Mill.) sob déficit hídrico intermitente no solo**. 2012. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2012.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TELLES, C.C. et al. *Pereskia aculeata*: ora-pro-nóbis. In: VIEIRA, R.F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro: Região Centro-Oeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2016. (Série Biodiversidade, 44).

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimuladores na germinação de sementes, vigor das plântulas, crescimento radicular e produtividade de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 23, n. 2, p. 222-228, 2001.

ZAPPI, D. et al. Cactaceae. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB1633>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

CÂNHAMO



CÂNHAMO (*Cannabis sativa*)

Lucas Sousa Capelaro

Maíra Paes Lacerda

1. Introdução

O cânhamo (*Cannabis sativa*) é um dos cultivos mais antigos do mundo, tendo sido utilizado, durante muitos séculos, na produção de tecidos, cordas e até velas. Contudo, devido ao elevado teor de delta-9 tetrahydrocannabinol (THC), substância psicoativa, seu cultivo foi proibido em muitas partes do mundo em 1961 pela United Nations' Single Convention on Narcotic Drugs. Desde então, alguns países tem retomado o cultivo do cânhamo mediante adoção de leis que regulamentem a produção, como por exemplo, o Canadá, que, desde 1998, permite o cultivo de variedades previamente aprovadas, que não apresentem nível de THC superior a 0,3% em todas as partes da planta e os produtos derivados de seu cultivo não podem apresentar mais de 10 ug/g de THC. Já na União Europeia o nível de THC é ainda mais restritivo, não podendo ultrapassar 0,2% em todas as partes da planta.

O país produtor líder mundial na produção de cânhamo é a China, que produz mais de 70% da produção mundial. A França ocupa o segundo lugar, com cerca de um quarto da

produção mundial. A produção de cânhamo em menor escala ocorre no resto da Europa, Chile e Coreia do Norte. Mais de 30 países produzem cânhamo industrial, incluindo Austrália, Áustria, Canadá, Chile, China, Dinamarca, Egito, Finlândia, Alemanha, Grécia, Hungria, Índia, Itália, Japão, Coreia, Holanda, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Romênia, Rússia, Eslovênia, Espanha, Suécia, Suíça, Tailândia, Turquia, Reino Unido e Ucrânia. O Reino Unido e a Alemanha retomaram a produção comercial nos anos 90. A produção britânica é usada principalmente como cama para cocheiras de cavalos. Empresas no Canadá, Reino Unido, Estados Unidos e Alemanha, entre muitas outras, processam sementes de cânhamo em uma gama crescente de produtos alimentícios e cosméticos, além de produzir fibras têxteis.

O principal produto comercial do cânhamo é a sua fibra, utilizada como reforço em materiais compostos, para produzir tapetes de isolamento e painéis de carros e para reforçar espumas expandidas utilizadas no setor de embalagens de alimentos. O cânhamo também é utilizado no setor de construção sustentável na forma de concreto, ao se misturar suas fibras, sozinhas ou juntas com fibras de outras espécies, com um aglutinante (cal, argila, gesso etc.). O cânhamo também passou a ser estudado como fonte de energia renovável, com sua utilização para produção de etanol, biogás e biomassa para combustão. A qualidade dos produtos acima mencionados depende das características de qualidade da fibra de cânhamo e particularmente da morfologia dos feixes de fibras e da composição química da fibra. A adequação do reforço de polímero de fibra de cânhamo ou biocompostos depende de várias características da fibra como características da superfície da fibra e fineza da fibra as quais influenciam a resistência da ligação interfacial entre as fibras e a matriz e resistência à tração das fibras.



Figura 1. Fibras de Cânhamo.

Além da produção de fibras de alta qualidade, os grãos do cânhamo são uma excelente fonte de óleo e farelo, que tem inúmeras aplicações, desde a indústria alimentícia, de cosméticos até produção animal. O óleo do cânhamo contém uma mistura única dos ácidos graxos ômega 6 e ômega 3, bem como de ácido gama-linolênico (GLA), conhecido por seu envolvimento na síntese de prostaglandinas no corpo humano. Estudos recentes apontam para a redução de inflamação e melhoria da saúde cardiovascular com o consumo de uma dieta rica em ácido alfa-linolênico, presente nas sementes de cânhamo. Os grãos de cânhamo também apresentam todos os aminoácidos essenciais ao corpo humano, além de ser uma excelente fonte de vitamina E, além de sais minerais.

A fibra de cânhamo pode ser usada como reforço em materiais compostos, para produzir tapetes de isolamento e painéis de carros e para reforçar espumas expandidas utilizadas no setor de embalagens de alimentos. O cânhamo também é utilizado no setor de construção sustentável na forma de concreto, ao se misturar suas fibras, sozinhas ou juntas, com fibras de outras espécies, com um aglutinante (cal, argila, gesso etc.). O cânhamo também passou a ser estudado como fonte de energia renovável, com sua utilização para produção de etanol, biogás e biomassa para combustão. A qualidade dos produtos acima mencionados depende das características de qualidade da fibra de cânhamo e particularmente da morfologia dos feixes de fibras e da composição química da fibra.

As principais dificuldades enfrentadas atualmente pela indústria do cânhamo são o rendimento relativamente baixo da produção de grãos, tecnologia para extração do óleo e estabilidade do óleo.

2. Origem e distribuição geográfica

Apesar de ser um dos cultivos mais antigos do mundo, sua filogeografia e domesticação são ainda pouco conhecidos. A principal hipótese é que seu centro de origem e distribuição seja a Ásia Central. A história do cultivo de cânhamo na China é tão antiga quanto a história da civilização, sendo cultivada, de acordo com registros arqueológicos encontrados, há menos 6000 anos. Apesar dos registros encontrados, alguns estudos apontam evidências moleculares de que a espécie possa ter sido originada em regiões de baixa latitude (Zhang et al., 2018).

3. Classificação botânica

O cânhamo pertence à família Cannabaceae e ao gênero *Cannabis*, um dos mais famosos gêneros desta família (Bócsa; Karus, 1998). Outro importante gênero pertencente a

esta família é o *Humulus*, que inclui o lúpulo, tradicionalmente usado na fabricação da cerveja. A família Cannabaceae possui 11 gêneros e um total de 170 espécies.

A taxonomia do gênero *Cannabis* ainda necessita de maiores definições. Linnaeus nomeou *Cannabis sativa* L. como uma espécie única, porém mais tarde, por meio de certas características morfológicas, a espécie foi dividida em três novas espécies: *Cannabis indica*, *C. ruderalis* e *C. sativa*. Por meio de estudos gênicos, constatou-se que o fluxo gênico entre as cepas de fibra e droga é, entretanto, relativamente pequeno indicando uma separação de rede entre os dois destinos finais da planta que levou vários autores a considerar o cânhamo (*Cannabis sativa*) e a maconha (*Cannabis indica*) como duas espécies separadas. Essa descoberta reforça o estudo realizado por alguns pesquisadores, que recomendaram a classificação de apenas uma espécie (*C. sativa*), mas incluindo duas subespécies, subespécie *sativa* e subespécie *indica*, onde cada subespécie inclui variedades domesticadas e silvestres. Apesar das descobertas por meio dos estudos de fluxo gênico, atualmente adotam-se três espécies distintas: *Cannabis sativa*, *C. indica* e *C. ruderalis*. No que diz respeito às variedades domesticadas, as plantas selvagens possuem as seguintes diferenças morfológicas e fisiológicas: apresentam sementes menores (peso de mil grãos < 10g), sementes altamente susceptíveis à quebra e danos mecânicos (facilmente desarticuladas do pedicelo), dormência de sementes em longo prazo, necessitando de estratificação a frio e alta umidade para germinação (Bócsa; Karus, 1998).

As variedades comerciais são diferenciadas pela altura, tamanho da semente, quantidade e composição de óleo e teor de fibras. Normalmente variedades destinadas a produção de grãos são mais baixas (1 a 1,9 m), enquanto a produção de fibras tem preferência por plantas mais altas e com quantidade de fibras entre 15 e 25%. As variedades destinadas à produção de fibras chegam à maturação com 60 a 90 dias, enquanto na produção de grãos os ciclos tendem a ser mais longos (90 a 120 dias). O teor de THC nas variedades comerciais deve ser mínimo. Variedades canadenses, por exemplo, não podem apresentar valores superiores a 0,3% de THC.

4. Morfologia e anatomia

O cânhamo, assim como outras espécies pertencentes à família das Cannabaceae, é uma angiosperma dicotiledônea, com ciclo anual. Apresenta sistema radicular pivotante e crescimento rápido quando em condições ideais de cultivo. O hábito de crescimento das plantas de cânhamo é indeterminado, o que significa que continua a desenvolver sementes por

um longo período de tempo, apresentando sementes maduras e imaturas na mesma planta durante o período da colheita (Bócsa; Karus, 1998).

Naturalmente, as plantas de cânhamo são dioicas, com diferenças em taxa de crescimento e desenvolvimento entre plantas masculinas e femininas bem acentuadas. As plantas masculinas são geralmente esguias, mais altas e florescem mais cedo que as plantas femininas. O cânhamo é polinizado pelo vento e as plantas masculinas morrem depois de produzir os grãos de pólen. Uma pequena porcentagem de plantas monoicas pode ocorrer naturalmente, particularmente em condições de dias curtos (Bócsa; Karus, 1998). As variedades monoicas têm sido frequentemente selecionadas para reduzir os problemas agrônômicos relacionados ao dimorfismo vegetativo presente nas variedades dioicas, em particular a falta de uma mecanização eficiente para a colheita das sementes e a menor qualidade de fibra e perdas de rendimento encontradas na maturidade das sementes de variedades dioicas.

5. Germinação

As plantas de cânhamo propagam a espécie por meio das sementes, que irão germinar e originar uma nova planta. Para que isso aconteça, é necessário que as sementes sejam expostas a temperaturas adequadas e disponibilidade de água. Segundo Janes et al. (2017), temperaturas próximas a 23°C proporcionaram alto índice de germinação, com valores acima de 85%, além de reduzirem o tempo necessário para atingir 50% de germinação do lote. Temperaturas acima de 27°C reduzem significativamente o tempo necessário para atingir a germinação de 50% do número de sementes, mas também reduzem a porcentagem final de germinação (Janes; Geneve; Kester, 2017).

O processo de germinação consiste na retomada do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula e envolve uma série ordenada de atividades metabólicas iniciadas com a embebição (Marcos Filho, 2015). Pode-se dividir a germinação em 3 fases, sendo a fase 1 conhecida como a fase de embebição, onde ocorre a reativação do metabolismo por meio da entrada de água, que irá fazer com que o embrião sintetize ácido giberélico, utilizado para ativação das enzimas hidrolíticas que irão iniciar o processo de digestão das reservas (Taiz; Zeiger, 2013). A embebição ocorre gradativamente, com o umedecimento inicial dos tecidos mais próximos à superfície da semente. Assim, é estabelecida uma frente de hidratação, à medida que água caminha para o interior da semente (Marcos Filho, 2015). Para o cânhamo, espécie dicotiledônea, faz-se necessário que o teor de água na semente seja de no mínimo 50%, para que o processo de germinação continue. Assim, a quantidade de água

absorvida pelas sementes de cânhamo deve ser suficiente não só para iniciar, mas também para garantir a continuidade do processo de germinação.

A fase 2 é conhecida como processo bioquímico preparatório para indução do crescimento, onde irá ocorrer, de fato, a digestão das reservas em substâncias solúveis de difusíveis por meio das enzimas hidrolíticas. A partir da digestão das reservas, as novas substâncias, como a sacarose, aminoácidos e compostos fosfatados, serão translocadas para os pontos de crescimento do embrião, onde serão assimiladas para a formação de novos tecidos. O crescimento, conhecido como fase 3, consiste na divisão e/ou expansão celular, que irá levar à ruptura do tegumento (protusão da raiz primária). O cânhamo é uma espécie de germinação epígea, que consiste na elevação dos cotilédones acima do solo pelo alongamento do hipocótilo.

Há alguns fatores, além dos fatores ambientais, que podem afetar o processo de germinação das sementes de espécies cultivadas, como a sanidade, a viabilidade e a dormência. A dormência é fenômeno caracterizado pela incapacidade da semente germinar, durante determinado período de tempo, em combinações de condições ambientais que seriam favoráveis à germinação a partir do momento em que as sementes superam a dormência. O cânhamo é considerado uma espécie não dormente, assim as sementes que forem expostas às condições ambientais favoráveis irão iniciar o processo de germinação (Parihar et al., 2014).

6. Desenvolvimento vegetativo

6.1 Fenologia do cânhamo

Amaducci et al. (2008a), propuseram um modelo fenológico pós emergência desenvolvimento da flor, floração e formação de sementes e senescência/colheita. Os estágios juvenil e de colheita são expressos no tempo térmico, pois não são dependentes do fotoperíodo, enquanto a fase indutiva do fotoperíodo é influenciada conjuntamente pela duração do dia e temperatura do ar. Se a duração do dia for maior do que o curto dia crítico necessário, a fase indutiva do fotoperíodo será atrasada e as flores poderão ou não se formar.

Mishchenko et al. (2017), desenvolveram a primeira escala fenológica completa para cultura do cânhamo, compreendendo todo o ciclo da cultura. A escala fenológica proposta baseia-se na escala BBCH (*Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt e Chemische Industrie, Alemanha*), um sistema para a codificação uniforme de estádios fenológicos semelhantes (estádios de crescimento e desenvolvimento em ontogenia) em diferentes espécies de plantas.

A escala BBCH geral forma uma estrutura dentro da qual as escalas individuais são desenvolvidas. A escala é muito utilizada para as espécies de plantas em que nenhuma escala especial ou específica está atualmente disponível. Estádios fenológicos similares da espécie recebem o mesmo código. Para cada código, é dada uma descrição e, para alguns estádios importantes, podem-se incluir desenhos esquemáticos. Na descrição dos estádios de desenvolvimento fenológico, são utilizadas características morfológicas claras e facilmente reconhecíveis (externas). Na maioria dos casos, quando a cultura tem o hábito de perfilhar, apenas o desenvolvimento do caule/haste principal é levado em consideração. Os estádios de crescimento referem-se a plantas individuais representativas dentro do estande de cultivo, onde as características do estande das culturas também podem ser consideradas. Valores relativos a tamanhos finais específicos das espécies são utilizados para a indicação e separação de estádios fenológicos.

Os estádios de crescimento secundário 0 a 8 (estádios dentro de um estágio principal) correspondem aos respectivos números ordinais ou valores percentuais. Por exemplo, o estágio 3 pode representar: 3^a folha verdadeira, 3^o nó, 30% do comprimento final ou tamanho típico da espécie ou 30% das flores abertas.

A escala fenológica do cânhamo é importante para a realização do manejo da cultura como, por exemplo, a época de aplicação de fertilizantes, controle de pragas, doenças e plantas invasoras, no estudo da adaptabilidade a diferentes condições climáticas e no desenvolvimento de programas de melhoramento. Mishchenko et al. (2017), propuseram a divisão dos estádios fenológicos em oito principais fases de desenvolvimento, sendo elas: germinação e emergência (0); desenvolvimento foliar (1); perfilhamento (2); alongamento da haste (3); emergência da inflorescência (5); florescimento (6); desenvolvimento dos frutos (7); amadurecimento dos frutos (8); senescência (9), de acordo com a Tabela 1.

O cânhamo é uma espécie de crescimento indeterminada. Esse hábito de crescimento faz com que a maturação das sementes e também o desenvolvimento reprodutivo sejam desuniformes. Dessa forma, o desenvolvimento das plantas é simultâneo, podendo ocorrer mais de uma fase fenológica ao mesmo tempo. A fase fenológica 1, correspondente ao desenvolvimento vegetativo das plantas de cânhamo ocorre simultaneamente com a fase 3, que corresponde ao alongamento da haste. Já o estágio fenológico 2, ocorre ao mesmo tempo em que as plantas de cânhamo estão com 7 pares de folhas verdadeiras ou mais (fases 17 a 19), conforme a Tabela 1. As hastes atingem a 50% ou mais de seu tamanho final quando as plantas de cânhamo se encontram na emergência da inflorescência e/ou no florescimento. Para

flores femininas, o estágio fenológico 5 é bastante difícil de determinar, mas geralmente ocorre em um tempo similar ao das flores masculinas.

O florescimento de plantas de cânhamo monoicas tem que ser determinado separadamente para flores masculinas e femininas na haste principal. Já para as formas dioicas de cânhamo, o estágio de florescimento tem de ser determinado separadamente para flores masculinas e flores femininas de cânhamo. Quando as plantas estão com mais de 70% de florescimento geralmente as plantas já estão com os frutos em desenvolvimento, devido ao crescimento indeterminado e desuniformidade de florescimento. As plantas que possuem 50% de frutos em tamanho e coloração final, também apresentam frutos em amadurecimento. Deve-se levar em conta que as fases de desenvolvimento dos frutos em populações monoicas de cânhamo devem ser determinadas em plantas femininas. No caso do cânhamo dioico, também serão determinadas em plantas femininas, já que a fase de crescimento 7 está ausente nas plantas masculinas (Mishchenko et al., 2017). Assim como no desenvolvimento dos frutos, a maturação dos frutos também deve ser determinada em plantas femininas, tanto dioicas como monoicas, já que o estágio de crescimento 8 também está ausente nas plantas masculinas.

Tabela 1. Escala fenológica da cultura do cânhamo proposta por Mishchenko et al. (2017).

Código	Descrição
Estágio 0: Germinação e emergência	
0	Sementes desidratadas
1	Início do processo de embebição
2	Embebição das sementes completada
5	Protusão da radícula
6	Alongação da radícula, formação de pelos radiculares e raízes laterais
7	Alongação do hipocótilo
8	Hipocótilo crescendo em direção à superfície do solo
9	Emergência
Estágio 1: Desenvolvimento vegetativo	
10	Cotilédones abertos, primeiro par de folhas separadas
11	1 par de folhas verdadeiras (folhas simples)
12	2 pares de folhas verdadeiras (1 composto)
13	3 pares de folhas verdadeiras (2 compostos)
14	4 pares de folhas verdadeiras (3 compostos)
15	5 pares de folhas verdadeiras (4 compostos)
16	6 pares de folhas verdadeiras (5 compostos)
17	7 pares de folhas verdadeiras (6 compostos)
18	8 pares de folhas verdadeiras (7 compostos)
19	9 ou mais pares de folhas verdadeiras (8 compostos ou mais)
Estágio 2: Perfilhamento	
21	Primeiro perfilho visível
25	Dois ou mais perfilhos visíveis
Estágio 3: Alongamento da haste	
31	Haste com 10% do comprimento final
32	Haste com 20% do comprimento final
33	Haste com 30% do comprimento final
34	Haste com 40% do comprimento final
35	Haste com 50% do comprimento final
36	Haste com 60% do comprimento final
37	Haste com 70% do comprimento final
38	Haste com 80% do comprimento final
39	Haste com 90% do comprimento final
Estágio 5: Emergência de inflorescência	
51	Primeiros botões florais individuais de flores masculinas visíveis
55	Aparência em massa de botões de flores masculinos

Estágio 6: Florescimento	
60	Abertura das primeiras flores individuais
62	20% das flores abertas
63	30% das flores abertas
64	40% das flores abertas
65	Florescimento pleno (mais de 50% das flores abertas)
67	70% das flores abertas, alto índice de aborto de flores masculinas, frutos ficam visíveis
69	Fim do florescimento
Estágio 7: Desenvolvimento dos frutos	
71	10% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
72	20% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
73	30% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
74	40% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
75	50% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
76	60% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
77	70% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
78	80% dos frutos atingiram tamanho final e coloração
79	Praticamente todos os frutos atingiram tamanho final e coloração
Estágio 8: Amadurecimento dos frutos	
81	Início do amadurecimento
83	30% de frutos maduros
85	50% de frutos maduros
87	70% de frutos maduros
89	100% de frutos maduros. Início da abscisão dos frutos
Estágio 9: Senescência	
91	Desenvolvimento completo da haste, as folhas superiores ainda se encontram verdes
93	Início da morte/queda das folhas superiores
95	50% das folhas superiores caíram ou morreram
97	Fim da queda das folhas.
99	Colheita

6.2 Desenvolvimento das raízes

As raízes são responsáveis pelo fornecimento de água e nutrientes para a planta, sustentando o crescimento da mesma, e também é a estrutura que permite a ancoragem e estabilidade da planta, fixando-a no solo, permitindo que desenvolva estruturas vegetativas e reprodutivas acima da superfície do solo (Taiz; Zeiger, 2013). Dessa forma, o estudo do sistema radicular é de suma importância para se entender a capacidade de uma cultura de explorar o solo e absorver água e nutrientes.

O sistema radicular do cânhamo é do tipo pivotante, formado por uma raiz primária (Figura 3). A partir da raiz primária originam-se ramificações, denominadas de raízes secundárias. Segundo Amaducci (2008b), o sistema radicular das plantas de cânhamo é bastante agressivo, podendo atingir profundidade de 2 metros. Ao se comparar os resultados obtidos por Amaducci (2008b), que demonstram que a distribuição das raízes de cânhamo no perfil do solo é profunda, com outras culturas agrônômicas e de biomas naturais, verifica-se que o cânhamo é uma das culturas que mais exploram o perfil do solo através do sistema radicular. Como a extensão do sistema radicular está associada à utilização de água em subsuperfície, o crescimento agressivo do sistema radicular do cânhamo favorece o seu cultivo em ambientes mediterrâneos e tropicais, favorecendo a sua exploração comercial sem a necessidade do uso de irrigação.



Figura 2. Sistema radicular de plantas de Cânhamo, (Adaptado de Amaducci et al., 2008b).

Apesar do seu profundo sistema radicular, 50% de todo o volume de raízes se encontra nos primeiros 50 cm de solo (Amaducci et al., 2008b). Outra importante característica do desenvolvimento do sistema radicular de cânhamo é o diâmetro das suas raízes. Na camada superficial encontram-se as raízes com menor diâmetro. À medida que a profundidade aumenta, o diâmetro das raízes cresce linearmente, até atingir 60 cm de profundidade. De 60 a 110 o diâmetro permanece o mesmo, tendo um novo pico de aumento até os 130 cm de profundidade (Amaducci et al., 2008b). Ainda segundo Amaducci et al. (2008a), ao se comparar a biomassa das raízes de cânhamo de pequeno diâmetro com culturas agrícolas

anuais, verifica-se que o cânhamo tem uma maior produção de raízes finas em comparação com o trigo, algodão e sorgo.

6.3 Desenvolvimento do caule

O desenvolvimento das hastes é determinante para o cânhamo e outras espécies de fibras naturais, pois é da haste que se obtém o principal produto comercializado, estando diretamente ligado com a produção. As hastes de cânhamo contêm dois tipos principais de fibras: fibras liberianas, também conhecidas como fibras longas, que são encontradas abaixo da epiderme, e as fibras do xilema, ou fibras curtas, localizadas no núcleo do caule, ao redor do espaço vazio presente na haste (Figura 3).

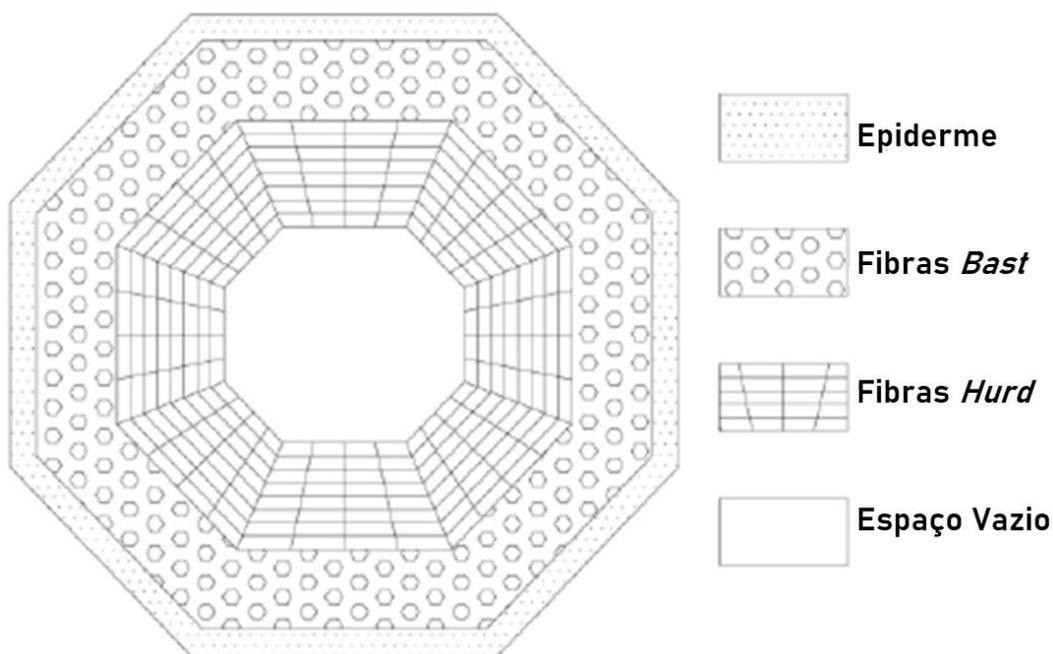


Figura 3. Corte transversal de uma haste de cânhamo esquematizado.

As fibras liberianas podem ser divididas em duas categorias: (i) fibras liberianas primárias, que compõem cerca de 70 a 90% das fibras longas. Elas são caracterizadas por seu longo comprimento, podendo atingir até 50 mm, alta celulose (50-70%) e baixo teor de lignina (cerca de 7%). Essas fibras são a parte mais valiosa da haste. As fibras secundárias (ii) compreendem os 10-30% do restante das fibras do tipo liberiana. São mais curtas (aproximadamente 2 mm), mais lignificadas e, portanto, de menor valor para algumas aplicações (ou seja, têxteis). A alta densidade de plantas de cânhamo favorece o desenvolvimento deste tipo de fibra liberiana. Já as fibras do xilema são conhecidas como as

fibras curtas (cerca de 0,5 mm) encontradas no núcleo lenhoso interno das hastes de cânhamo. Essas fibras são responsáveis por 70-80% do total da haste e normalmente contém 20-30% de lignina. Por milênios, o cânhamo é cultivado para obtenção de fibras liberianas, principalmente para aplicações têxteis, enquanto as fibras do xilema sempre foram consideradas um subproduto da produção de fibras liberianas.

Na biologia vegetal, as fibras são definidas como células individuais com certos parâmetros específicos. Semelhante a muitos outros tipos de células vegetais, as fibras desenvolvem-se através de três etapas principais: iniciação, alongamento e posterior especialização; o último, no caso das fibras, é amplamente representado pelo espessamento da parede celular. Cada um desses estádios tem seu próprio impacto nos parâmetros finais de rendimento e qualidade da fibra (Mokshina et al., 2018). O primeiro estágio de desenvolvimento, denominado de iniciação, corresponde à diferenciação das células a partir de tecidos meristemáticos. As fibras liberianas, também chamadas de fibras do floema, originam-se dos meristemas primários e secundários e têm sua classificação (fibra liberiana primária ou secundária) definida de acordo com o material de origem. As fibras liberianas primárias surgem a partir do procâmbio por meio de um complexo processo de iniciação dos primórdios foliares, juntamente com o início do sistema vascular dentro de cada primórdio foliar. Assim, o número de fibras primárias está diretamente ligado ao número de folhas presentes na planta.

Já as fibras liberianas secundárias originam-se do câmbio, que proporciona o aumento no diâmetro da haste do cânhamo. O câmbio geralmente inicia sua atividade na parte da haste que já cessou o alongamento como um todo. A atividade do câmbio é variável, dependendo de diversos fatores e, por consequência, o número de fibras secundárias liberianas pode variar consideravelmente entre as plantas de cânhamo. Como as fibras primárias são formadas a partir do meristema primário, elas já aparecem no início no desenvolvimento da planta e estão presentes em toda a extensão da haste. As fibras secundárias aparecem mais tarde, à medida que a planta se desenvolve e ocorrem principalmente na parte inferior das hastes, podendo formar vários anéis concêntricos. É durante a etapa de iniciação das fibras que serão definidas quais os tipos de fibras serão formadas por cada célula presente nos meristemas e também às quantidades de fibras que serão formadas no desenvolvimento da planta (Chernova; Gorshkova, 2007).

A segunda fase é conhecida como a etapa de crescimento das fibras de cânhamo, onde as mesmas irão passar pelo processo de alongamento celular, processo extremamente importante para as propriedades das fibras individuais e especialmente dos feixes de fibras

(Mokshina et al., 2018). As fibras recentes possuem comprimento de cerca de 30 μm , já as fibras que passaram pela etapa de alongação podem atingir centímetros de comprimento. A espessura das fibras também sofre alteração durante o processo de alongamento, passando de cerca de 3 a 5 μm para 20 a 50 μm em fibras maduras (Snegireva et al., 2015). O alongamento das fibras pode ser dividido em duas principais etapas: a primeira etapa consiste em um curto crescimento ordenado das fibras, quando as células adjacentes aumentam a sua superfície ao mesmo ritmo. Por meio do crescimento ordenado, as fibras primárias aumentam o seu comprimento duas ou mais vezes. A segunda fase consiste no crescimento intrusivo das fibras, onde fibras dentro de alguns milímetros do ápice do caule, fibras passam pelo alongamento mais rapidamente do que as células circundantes. Isso leva à necessidade das células das fibras forçarem o seu caminho e se apertarem entre outras células. As fibras fazem isso dividindo as lamelas médias das células no caminho e fazendo novas superfícies de contato com as células vizinhas (Mokshina et al., 2018).

As fibras podem continuar a aumentar o seu comprimento por alongamento intrusivo após as células circundantes de outros tecidos já terem cessado o seu alongamento. Os principais processos que ocorrem durante o alongamento são a extensão da superfície da parede celular primária vinculada à deposição de novo material da parede celular e o aumento do volume do vacúolo devido ao acúmulo de osmólitos e correspondente captação de água. As fibras liberianas secundárias também são caracterizadas por crescimento intrusivo, embora o aumento do seu número em uma seção transversal possa ser adicionalmente, ou mesmo alternativamente, explicado pela continuação da atividade cambial. Fibras secundárias são formadas em uma região da haste que deixou de crescer em comprimento e, portanto, seu alongamento só é possível via crescimento intrusivo. O comprimento das fibras secundárias excede acentuadamente o das células cambiais, sugerindo assim a presença de crescimento intrusivo.

A terceira etapa, onde ocorre o espessamento da parede celular ocorre simultaneamente com a etapa de alongamento e é de suma importância para garantir a qualidade da fibra, visto que a espessura da parede celular está diretamente relacionada com a resistência mecânica da fibra (Fidelis et al., 2013). Além da espessura da parede celular, a porosidade da fibra (relação entre espessura da parede celular e o diâmetro do lúmen) também influencia nas propriedades mecânicas da fibra. As características acima citadas ocorrem durante a terceira etapa de desenvolvimento da fibra, etapa mais longa e que pode durar meses. A parede celular não é uniforme em sua largura (Figura 3). Logo após a parede celular primária se formar durante os estádios anteriores de desenvolvimento da fibra, a parede

celular secundária (PCS) é depositada; esta é semelhante à PCS em outros tecidos vegetais, como o xilema. Juntamente com a celulose, seus principais constituintes são xilana e lignina. Mais tarde, no desenvolvimento das fibras, um tipo muito diferente de parede celular é depositado em muitas fibras vegetais. Como ela é formada após a PCP (primária) e a PCS é muito distinta de ambas, foi sugerido chamá-la de parede celular terciária (PCT). As características mais marcantes da PCT são o alto teor de celulose (até 90%) e a ausência de xilana e lignina. Em fibras liberianas de muitas espécies de plantas, incluindo as mais importantes culturas similares, como linho, cânhamo e rami, paredes celulares terciárias são depositadas constitutivamente, no curso do desenvolvimento normal da planta. A proporção de PCS para PCT impacta a lignificação total das fibras, uma vez que o processo de lignificação ocorre em PCP e PCS, mas não em PCT. O correspondente maior grau de lignificação das fibras secundárias do floema no cânhamo é uma das principais razões para sua pior qualidade em relação às primárias (Mokshina et al., 2018).

A genética também está diretamente ligada com o número e o comprimento das fibras liberianas presentes em hastes de cânhamo, onde o número pode variar de acordo com a variedade utilizada. Além das diferenças genótípicas e fisiológicas, o número de fibras liberianas nas hastes pode ser modificado por meio do manejo da cultura. Quando se visa a produção de fibras de qualidade (tipo liberiana) a alta densidade de semeadura é altamente recomendada (Figura 4), segundo Van Der Werf (1994). Uma possível explicação para o benefício de uma maior densidade de plantio para a produção de fibras de alta qualidade é que as mesmas são obtidas quando a relação entre a superfície cortical e o volume é alta.



Figura 1. Hastes do cultivar Silesia em densidades de semeadura de 50 kg/ha (acima) e 15 kg/ha (abaixo).

Struik et al. (2000), confirmaram essa hipótese por meio de uma extensa rede de ensaios por toda a Itália, onde medições detalhadas na cultura em uma ampla gama de

densidades de plantas mostraram que culturas mais densas produziam plantas com menor teor de massa seca (Figura 5a), mais curtas (Figura 5b) e mais finas (Figura 5c) e, portanto, tinham uma menor superfície cortical (Figura 5d), e uma razão muito maior entre superfície e volume (Figura 5e) e densidade superficial, isto é, a superfície cortical por unidade de área terrestre (Figura 5f).

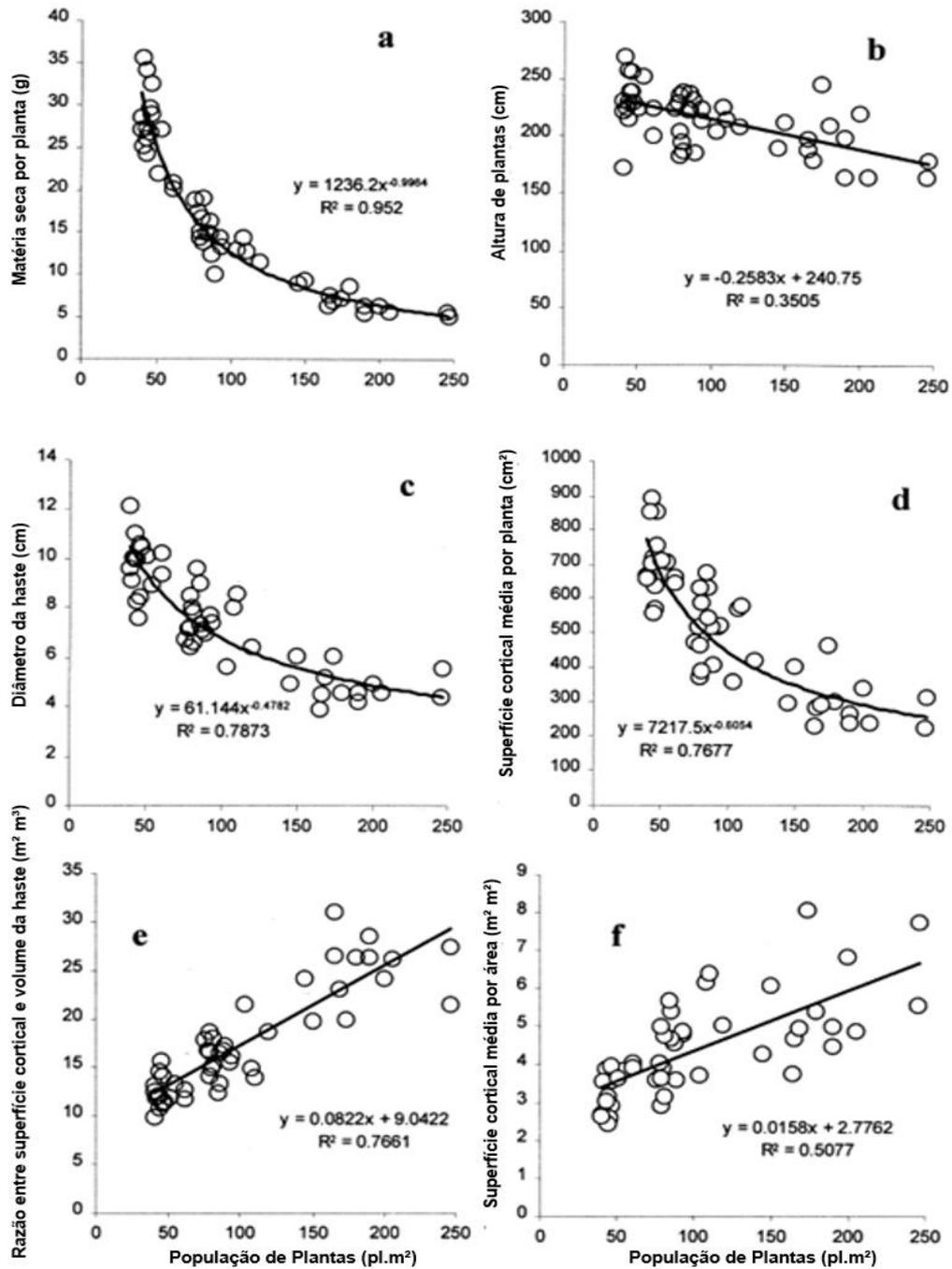


Figura 5.

Efeito da densidade de plantas na (a) matéria seca por planta, (b) altura da planta, (c) diâmetro do caule, (d) área superficial cortical, (e) razão superfície a volume e (f) densidade superficial (Adaptado de Stueck et al., 2000).

6.4 Desenvolvimento das folhas

O órgão responsável pela fotossíntese são as folhas e, portanto, o desenvolvimento das plantas de cânhamo depende do desenvolvimento das suas folhas. O primeiro par de folhas verdadeiras tem uma única lâmina estreitamente elíptica com margens serradas. Após o

primeiro par de folhas, as plantas de cânhamo dão origem a folhas compostas de formato digitadas. Cada folíolo possui de 5 a 15 cm de comprimento e 1 a 2 cm de largura. Em plantas jovens de cânhamo, o número de folhetos por folha composta aumenta progressivamente e a filotaxia é oposta, mas à medida que a floração começa o número de folíolos por folha composta diminui e a filotaxia muda de oposta para alternativa.

Durante as primeiras semanas após a emergência, a maior parte dos fotoassimilados é direcionada para as folhas, impulsionando seu desenvolvimento. Quatro semanas após a emergência, a força de dreno das folhas é reduzida, que passam a competir com as hastes pelos fotoassimilados. As hastes passam a consumir 50% de todos os fotoassimilados produzidos (Meijer et al., 1995).

O índice de área foliar (IAF) é a razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2). Ele é uma variável biofísica da vegetação que está diretamente relacionada com produção de biomassa pelo dossel, com a radiação e com a evapotranspiração, sendo muito utilizado em estudos ecológicos, pois permite a previsão da produção primária fotossintética. Durante as primeiras semanas após o surgimento, o IAF de uma cultura de cânhamo é baixo, aumentando durante o ciclo das plantas. Quando as culturas estão saudáveis e as condições de crescimento são favoráveis, a fotossíntese do dossel (e indiretamente, a produção de biomassa) é proporcional à quantidade de luz interceptada. Em um IAF de 2 as plantas de cânhamo de 3 diferentes cultivares interceptaram cerca de 90% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Quando o IAF foi cerca de 4, a RFA interceptada foi quase 100% (Figura 5). Sendo assim, com um IAF acima de 2, já se verifica um alto coeficiente de extinção luminosa.

O coeficiente de extinção luminosa (k) demonstra o grau de redução da luz no dossel, por absorção e espalhamento. No cânhamo, Meijer et al. (1995), identificaram um coeficiente de extinção luminosa de 0,96, que está na extremidade superior da faixa relatada para muitas outras culturas e é causado pelo caráter planófilo da copa de cânhamo, onde a maioria das folhas é quase horizontal. Quanto maior o índice de extinção luminosa, maior a retenção de luz na copa das plantas de cânhamo, o que irá prejudicar o processo fotossintético das folhas do terço médio e inferior das plantas. As folhas inferiores, por não estarem fotossinteticamente ativas, irão sofrer o processo de abscisão foliar. Meijer et al. (1995), ao estudarem as restrições à produção de matéria seca em cânhamo, verificaram que as plantas (3 diferentes cultivares estudados) apresentaram alto índice de abscisão foliar, permanecendo, ao final do ciclo, com cerca de apenas 15 folhas verdes (Figura 7). Os autores ainda verificaram

que durante a maior parte do período de crescimento, a vida útil média de uma folha foi de cerca de 40 dias.

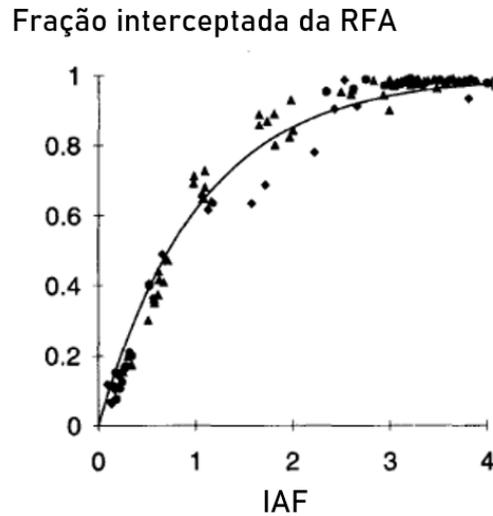


Figura 6. A relação entre a fração de RFA interceptada por um dossel de cânhamo e o índice de área foliar (IAF) das diferentes culturas nos experimentos de 1987 (triângulos), 1988 (diamantes) e 1989 (círculos), (Adaptado de Meijer et al., 1995).

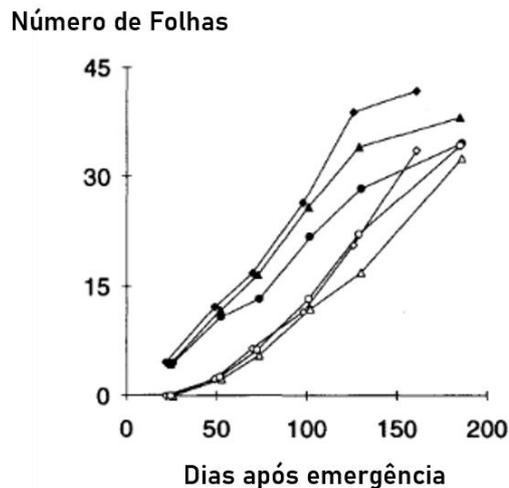


Figura 7. O aumento no número total de folhas por planta (símbolos pretos) e o número de folhas mortas (símbolos abertos) para as cultivares Fedrina 74 (diamantes), Kinai (círculos) e Kenevir (triângulos), (Adaptado de Meijer et al., 1995).

7. Fotossíntese e translocação

O cânhamo (*C. sativa*) é uma planta C3, na qual o processo fotossintético consiste basicamente em dois processos – o fotoquímico, ou reações luminosas, na qual existe a absorção de luz e transporte de elétrons e o bioquímico, ou reações de carboxilação, durante o qual há produção de carboidratos no ciclo Calvin-Benson.

A fotossíntese ocorre dentro dos cloroplastos, nos quais as moléculas de clorofila absorvem a energia da luz que é utilizada para oxidação da água nos tilacoides, na qual há liberação de oxigênio e produção de NADPH e ATP na cadeia redutora de elétrons. Estes produtos são utilizados na redução do CO₂ para produção de açúcares, nas reações de fixação do carbono que ocorrem no estroma. O ciclo de Calvin-Benson consiste em 3 estádios – carboxilação da molécula aceptora de CO₂; redução do produto da carboxilação e regeneração da molécula aceptora de CO₂ (Taiz; Zeiger, 2013).

Por se tratar de uma planta C3, o cânhamo não apresenta mecanismo de concentração de carbono inorgânico para redução da fotorrespiração como plantas de metabolismo C4 ou CAM, contudo pode ser considerado um cultivo bioeconômico, visto que requer baixa quantidade de insumos e, ainda assim, apresenta alto rendimento de biomassa. Muitos trabalhos apontam que a planta apresenta alta taxa fotossintética, superior inclusive ao algodão, mesmo a reduzidos níveis de nitrogênio, reforçando sua aptidão como cultura bioenergética sustentável, podendo ser cultivada em diversos ambientes climáticos e agronômicos (Tang et al., 2017).

8. Efeitos de fatores ecológicos

A temperatura mínima do solo para cultivo de cânhamo deve ficar entre 4 e 6° C, sendo que as plântulas são sensíveis à geada. A temperatura ótima do ar para desenvolvimento das plantas é de 25 a 28° C.

O florescimento é extremamente sensível ao fotoperíodo e os cultivares podem serem classificadas em precoces, intermediários e de maturação tardia (Zhang et al., 2018). O cânhamo é uma planta de dias curtos, ou seja, floresce em períodos em que a duração do dia é inferior a 12 horas. Pesquisadores da Universidade de Purdue reportaram melhores resultados de produtividade para plantios precoces no estado de Indiana, no qual os dias começam a ter sua duração reduzida a partir de 21 de junho e em quatro a cinco semanas o crescimento vegetativo é reduzido e o florescimento iniciado. Desta forma plantios precoces tendem a favorecer o maior crescimento vegetativo, resultando em plantas mais robustas para produção de sementes e mais altas para maior produção de fibras.

As sementes podem germinar em temperaturas acima do ponto de congelamento, tendo como temperatura base 1°C. Normalmente, a época de plantio no hemisfério norte fica entre o período com elevado risco de congelamento e pouco antes da semeadura do milho. Para germinação é necessária boa umidade do solo e nas seis primeiras semanas após a semeadura, quantidade razoável de chuvas é imprescindível para um bom estabelecimento do

cultivo. Estudos na Europa indicam que o cânhamo requer de 500 a 700 mm de precipitação pluviométrica para um bom rendimento, onde 250–300 mm desse total devem estar disponíveis durante o estágio de crescimento vegetativo. Pesquisadores reportaram que condições de seca reduziram a produtividade de fibras. Os caules apresentaram maior quantidade (16,5%), porém as fibras eram mais finas (22,9 μm) e com maior nível de maturação (73,6%).

8.1 Excesso de umidade

Quantidades elevadas de chuva ou condições persistentes de solos saturados são muito prejudiciais ao desenvolvimento do cânhamo, especialmente nos estádios iniciais. As plantas podem tornar-se amarelas e interromper o processo de desenvolvimento, o que pode levar a morte (Figura 7). Essa condição tende a ser mais comum em áreas de baixada com má drenagem do solo. As plantas podem se recuperar parcialmente, porém terão seu vigor prejudicado, apresentarão clorose e sofrerão maior impacto com a mato-competição.



Figura 8. Sintoma do excesso de umidade (Adaptado da Universidade de Purdue).

8.2 Granizo

Como em diversas culturas, o granizo tende a prejudicar significativamente a produtividade se a injúria mecânica for severa. Alguns sintomas da ocorrência de granizo podem ser a destruição das folhas, formação de lesões, entortando e até quebrando o caule, perda do ápice das hastes e possivelmente das estruturas florais. A recuperação das hastes torcidas pode ocorrer em alguns dias, mantendo porém aparência conhecida popularmente como “pescoço de ganso”, que poderá causar problemas na produção, por tornar as hastes fracas e quebradiças, além de reduzir o tamanho das mesmas. No caso de injúrias severas ou

quebra da haste, haverá desenvolvimento de gemas axilares no primeiro entrenó após a lesão, que desenvolverá novos ramos axilares que produzirão rapidamente inflorescências. Desta forma, o impacto na produtividade dependerá do período do ciclo em que ocorrer o granizo e da gravidade das lesões geradas.

8.3 Riscos durante a maturação fisiológica

Durante o processo de maturação fisiológica, as brácteas que envolvem as sementes dessecam e expõem as sementes à secagem natural. Neste período, geadas podem acelerar o processo, fazendo com que a colheita ocorra necessariamente de 3 a 5 dias após sua ocorrência. Além disso, à medida que as plantas secam, as hastes tornam-se mais sensíveis à quebra, e a ocorrência de ventos fortes pode se tornar bastante prejudicial. Danos causados pelo ataque de pássaros também podem ocorrer nesta fase.

9. Relações hídricas

As relações hídricas das espécies vegetais, de modo geral, trazem um conflito fisiológico às plantas entre sua necessidade de absorção de CO₂ e conservação da água, visto que a perda de água via transpiração e a entrada de CO₂ acontecem via regulação estomática. Nas plantas, a absorção de água do solo se dá nas regiões próximas aos ápices das raízes, nas quais o movimento da água pode ocorrer via apoplástica, simplástica ou transmembrana (Taiz; Zeiger, 2013). O transporte da água da raiz para o ápice das plantas se dá pela teoria da tensão-coesão-adesão e envolve processos específicos em 3 etapas – absorção de água pelas raízes, transporte de água através do xilema e movimento de água da folha para atmosfera, regido pela diferença de potencial hídrico entre o ambiente e a força de coesão entre as moléculas de água.

O efeito do estresse hídrico no curto prazo é refletido pela regulação estomática. O aumento na eficiência fotossintética no uso da água nestas situações se deve ao fechamento dos estômatos e consequentes variações na taxa de transpiração e na fotossíntese bruta. O fechamento dos estômatos é a primeira resposta à redução na disponibilidade hídrica, protegendo as plantas de perdas excessivas de água. O fechamento dos estômatos restringe a troca de H₂O e CO₂ entre os espaços intercelulares e o ambiente, o que explica a queda na transpiração e fotossíntese bruta. Contudo, estudos específicos para o cânhamo mostraram que esta relação entre a taxa de transpiração e fotossíntese bruta não é exatamente paralela e que a eficiência fotossintética no uso da água aumentou com o stress hídrico, provavelmente devido

à relação não linear entre a taxa de assimilação de carbono e concentração intercelular de CO₂ (Tang et al., 2018)

Já o déficit hídrico de longo prazo aumenta a senescência foliar, reduzindo o índice de área foliar, porém o teor total de nitrogênio no dossel do cânhamo é mantido, através do aumento no teor em cada folha (Tang et al., 2018). Ainda que o cânhamo seja notadamente um cultivo de alta eficiência no uso de recursos naturais, sobretudo nitrogênio, sua produção de biomassa pode ser significativamente reduzida pela restrição hídrica.

10. Solos, nutrição e micorrizas

O cânhamo se desenvolve melhor em solos bem drenados, com alta fertilidade e elevado teor de matéria orgânica, com pH entre 6,0 e 7,5. Solos mal drenados ou mal estruturados tendem a resultar em falhas de estabelecimento, visto que plântulas são sensíveis à compactação do solo e suscetíveis ao tombamento. Solos arenosos também podem apresentar boas produções, desde que apropriadamente irrigados e adubados, o que tende a encarecer e inviabilizar o cultivo (Bócsa; Karus, 1998).

Mais pesquisas são necessárias no que diz respeito à adubação do cânhamo, mas de modo geral, em comparação a outros cultivos nos Estados Unidos e Canadá, o cânhamo necessita da mesma fertilidade que o trigo ou o milho de alta produção. Para melhor definição da quantidade de fertilizantes necessária, deve-se realizar a amostragem e análise do solo.

O cultivo de cânhamo requer, normalmente adubações de até 89-135 kg/ha de N, 45 kg/ha de P, 67 kg/ha de K e 17 kg/ha de enxofre. A cultura necessita de alta quantidade de nitrogênio, principalmente para produção de sementes. Níveis de fósforo também necessitam patamares considerados de médio a altos no solo (> 40 ppm), bem como de potássio (> 250 ppm). bons níveis de enxofre (> 5000 ppm) e o cálcio não pode estar em excesso (< 6000 ppm). O teor de matéria orgânica deve ser maior do que 3,5% em solos argilosos (Bócsa; Karus, 1998).

Para melhor compreensão das necessidades de fertilizantes no cultivo do cânhamo, é necessário conhecer a taxa de retirada destes nutrientes pelas plantas por ocasião da colheita e quanto retornará ao solo através dos resíduos da cultura. Cerca de 42% da biomassa das plantas retorna ao solo na forma de folhas, raízes ou hastes, o que significa cerca da metade dos nutrientes aplicados na cultura.

Se o cânhamo for cultivado para a produção de grãos e fibras, uma grande quantidade de nitrogênio é removida do campo. Para o potássio, o processo de retificação da palha faz com que ele seja lixiviado e se acumule no solo sob as faixas. De todos os nutrientes

mencionados, o fósforo tem a maior porcentagem armazenada na semente. Os outros nutrientes são mais propensos a serem armazenados nos caules. Muitos fatores podem afetar a absorção de nutrientes, como condições ambientais, pH, salinidade e umidade do solo, bem como diferenças varietais (Bócsa; Karus, 1998).

11. Florescimento e frutificação

Os controladores genéticos e hormonais endógenos, bem como os fatores ambientais, como o fotoperíodo, a temperatura e estresses bióticos e abióticos, influenciam as capacidades reprodutivas do cânhamo. A expressão sexual e a indução floral podem ser antecipadas ou controladas pela compreensão destes fatores. Em muitas plantas, a floração ocorre quando o tecido meristemático recebe sinais produzidos por alterações na temperatura e/ou na qualidade da luz (Horvath, 2009). A luz é percebida pelas folhas das plantas de cânhamo, gerando sinais que promovem ou inibem a floração no ápice das hastes. Quando os comprimentos indutivos são percebidos no tecido foliar, o gene responsável pela produção do florigeno é exposto, transportando o composto das folhas para as gemas, induzindo a floração. Quando o sinal é recebido pelo meristema, as células progenitoras que produzem os órgãos vegetativos passam por uma série de processos transformadores e começam a produzir células florais. A fase juvenil das plantas sensíveis ao fotoperíodo não é influenciada pelo fotoperíodo. A duração da fase é determinada por dois possíveis cenários: o tamanho da planta estabelece o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos ou o meristema apical é programado de forma independente para produzir vestígios florais.

A transição para a indução floral é um momento crítico para uma reprodução bem sucedida, particularmente em espécies dioicas como a *Cannabis*, que dependem fortemente da floração homogênea e sincronizada (Bócsa; Karus, 1998; Amaducci et al., 2008a). A mudança do desenvolvimento vegetativo para o desenvolvimento reprodutivo é o principal processo fenológico nas plantas de cânhamo e estudos extensivos detalhando as origens destes processos em várias espécies, tais como *Arabidopsis thaliana*, começaram a descobrir fontes genéticas do processo, particularmente aquelas envolvidas na resposta fotoperiódica. A compreensão dos mecanismos que controlam a floração do cânhamo fornece a base para a delimitação de épocas de crescimento específicas em regiões adequadas, bem como para a obtenção dos rendimentos máximos das culturas.

Quando cultivado em condições de temperatura e fotoperíodo ótimas, o período vegetativo é prolongado, o que é de grande importância quando se visa produzir cânhamo para a obtenção de fibras. Entre a aparição do primórdio floral até a floração completa, temos

um período de 4 a 6 semanas, com as flores masculinas abrindo alguns dias antes das femininas. Após o período de florescimento, que dura de 2 a 3 semanas, as plantas masculinas entram em senescência, já que cumpriram o seu propósito (Bócsa; Karus, 1998). As plantas de cânhamo fêmeas sobrevivem por mais 3 a 5 semanas, até a semente atingir o seu ponto de maturidade fisiológica.

As partes das plantas também diferem entre os sexos na floração. Os níveis elevados de carboidratos nas plantas masculinas e elevados níveis de nitrogênio nas plantas femininas sugerem o destino fenológico de cada sexo. A floração exaure as plantas masculinas que já não são capazes de assimilar nitrogênio do solo, enquanto as femininas continuam a adquirir nutrientes, via solo, durante o enchimento dos grãos. Antes da formação dos primórdios florais, os dois sexos são indistinguíveis. Os primeiros sinais de floração são os botões florais indiferenciados que se formam nas estípulas presentes entre o quarto e o sexto nó (Cervantes, 2006). Os masculinos podem eventualmente serem identificados pelos botões pontiagudos com cinco segmentos radiais que se formam em pares nos nós do pecíolo. As flores femininas são mais discretas e só são identificáveis precocemente pelo aparecimento de estigmas duplos, em forma de garfo, salientes das brácteas tabulares. Como a floração continua, grandes inflorescências se formam em ambos os sexos. Nas plantas masculinas as inflorescências se formam em grandes panículas soltas, altamente ramificadas. Já nas plantas femininas, as inflorescências aparecem fortemente agrupadas ao redor das axilas foliares (Figura 9), de acordo com Hall, Bhattarai e Midmore (2012).



Figura 9. Inflorescência masculina (acima) e inflorescência feminina (abaixo), (Adaptado de Hall et al., 2012).

As flores formam-se e amadurecem na inflorescência de baixo para cima. No início da floração, o arranjo foliar muda de oposto para alternado e, à medida que a inflorescência se desenvolve, o tamanho das folhas diminui gradualmente até que apenas pequenas e simples folhas fiquem abaixo das flores. As flores femininas mais avançadas consistem num único ovário dentro de uma bráctea verde, de folha única, com estigmas amarelos, brancos ou rosados, visíveis. As brácteas incham logo após a polinização, à medida que começa o desenvolvimento do aquênio. Se deixados despolidizados, os estigmas continuam a crescer e as gemas produzem quantidades crescentes de resina contendo canabinoides a partir dos tricomas. As flores masculinas são pequenas, amarelo-brancas, e em forma de estrela, com anteras amarelo-esverdeadas, que produzem quantidades massais de pólen. O cânhamo em fibra é geralmente colhido quando se tem 50% de floração masculina (Bócsa; Karus, 1998).

12. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Segundo a FAO (2011), o cânhamo é cultivado em mais de 60 mil hectares em todo o mundo, sendo as principais regiões produtoras China, União Européia e Canadá. Cada uma das quais tem desenvolvido cultivares mais adaptados ao ambiente e clima da região, levando em consideração o propósito do cultivo (fibras ou grãos). O centro de origem da espécie não é totalmente conhecido, mas acredita-se que tenha sido na Ásia Central ou ainda, que apresente 2 centros de diversidade distintos – Hindú e Europeu-Siberiano. Atualmente o gênero é distribuído por quase todo o globo, do equador até aproximadamente 60° latitude norte e por quase todo o hemisfério sul (Salentijn et al., 2015). Tang et al. (2014), reportam que existe uma grande amplitude de temperaturas ótimas para fotossíntese no cânhamo, o que explica o fato da espécie ser cultivada desde os trópicos até regiões próximas ao círculo polar.

A escolha de um genótipo para uma finalidade produtiva específica e adaptado ao ambiente de cultivo é de extrema importância para o sucesso na produção de cânhamo. Cultivares desenvolvidos no hemisfério norte tendem a apresentar menor produção de biomassa se cultivados no sul, principalmente devido a redução do período vegetativo e ao florescimento precoce. Por outro lado, cultivares desenvolvidos em regiões de baixa latitude apresentam florescimento tardio e alta produção de biomassa se cultivados em altas latitudes. Assim, para produções nas quais se vise a maximização da biomassa, para produção de bioenergia ou mesmo papel, a seleção de cultivares de florescimento tardio mostra-se uma boa opção.

13. Estratégias para altas produções

Altas densidades de plantio tendem a reduzir efeitos da mato-competição devido ao fechamento mais rápido das linhas. Além disso a interceptação máxima de luz é atingida de forma antecipada e há maior vantagem na produção de biomassa nos estágios iniciais. Esta alta produtividade nos estágios iniciais tende a ser reduzida após a fase de crescimento vegetativo, pois alta competição intra-espécie pode resultar no afinamento das hastes e perda de biomassa. Contudo, a maior taxa de semeadura para fibra pode ser interessante devido à necessidade de muitas hastes finas com alta porcentagem de fibra. A taxa de semeadura recomendada para a produção de grãos de cânhamo é de 22 a 34 kg/ha, dependendo da variedade. A densidade pretendida da planta é de 100 - 125 plantas/m². A taxa de semeadura recomendada para a produção de fibras de cânhamo é de 67 kg/ha ou aproximadamente 300 - 375 plantas/m².

A época de semeadura também interfere na produtividade do cânhamo, dependendo do objetivo do cultivo. O maior rendimento de fibras é obtido com plantio de cultivares tardios que apresentam longo crescimento vegetativo, já os cultivares precoces têm maior rendimento na produção de grãos. Considerando que o rendimento de hastes e consequentemente de fibras é determinado pela duração da fase vegetativa, um atraso na semeadura pode resultar em uma redução no rendimento (Amaducci et al., 2015; Salentijn et al., 2015)

A época de semeadura é normalmente definida com base na temperatura do solo e disponibilidade de água para garantir uma germinação e estabelecimento rápidos e com base no fotoperíodo que define o comprimento da fase vegetativa e, em última análise, o rendimento da haste e da semente. Geralmente, áreas semeadas no início da janela produtiva correspondem a maiores rendimentos de hastes e sementes. Deve-se notar, no entanto, que em ambientes do sul com semeaduras precoces, a cultura pode terminar a fase juvenil quando o fotoperíodo é mais curto que o crítico, o que resulta em crescimento vegetativo muito curto, enquanto nas latitudes norte, as semeaduras precoces aumentam o risco de danos causados pelo frio (Amaducci et al., 2015; Salentijn et al., 2015).

14. Efeitos de reguladores vegetais

Os biorreguladores e alguns agentes químicos podem modificar a expressão sexual e as respostas morfológicas das plantas de cânhamo. A *Arabidopsis thaliana*, uma planta dia longo, responde à aplicação de ácido giberélico (GA) induzindo a fase reprodutiva durante

dias mais curtos. Plantas com produção defeituosa de giberelina tendem a florescer muito mais tarde (Amasino, 1996).

A giberelina induz características masculinas em plantas de cânhamo enquanto as auxinas, etileno e as citocininas induzem a expressão de características femininas. Thomas e Vince-Prue (1996), induziram a expressão de características femininas reduzindo os níveis endógenos de giberelina em plantas masculinas, por meio da aplicação de um retardador químico de giberelina e alterando o balanço hormonal entre auxina e giberelina, através da aplicação de morfactinas. As citocininas originárias de material radicular também podem promover a feminização uma vez que a remoção da raiz leva a uma maior masculinização das plantas.

Um estudo realizado por Chailakhyan e Khryanin (1978), onde se utilizou irrigação por gotejamento em mudas de cânhamo com diferentes PGRs, confirmou os efeitos dos reguladores vegetais sobre a expressão sexual de plantas de cânhamo. Plantas tratadas com 15 mg/L de 6-benzilaminopurina (citocinina) e ácido indolilacético (auxina) resultaram em plantas puramente femininas ou hermafroditas. Um resultado semelhante foi observado quando as plantas foram tratadas com ácido abscísico (ABA). Os tratamentos de GA, na dose de 25 mg/L, resultaram em 80% de plantas masculinas.

Outros compostos não endógenos são utilizados para produzirem efeitos similares. O tiosulfato de prata (STS) é comumente usado na indústria da maconha para produzir flores masculinas em plantas geneticamente femininas (Green, 2005). A progênie obtida de sementes polinizadas a partir dessas flores são exclusivamente feminina (Mohan Ram; Sett, 1982). Acredita-se que isso ocorre, hipoteticamente, por meio da herdabilidade única dos cromossomos femininos. A utilização de produtos exógenos que visam alterar quimicamente a expressão sexual pode ser limitado a atividades controladas, como programas de reprodução destinados a aumentar a produção de sementes (por exemplo, usando STS). O uso comercial de certos compostos com a finalidade de se obter plantas de cânhamo dioicas pode ser benéfico na obtenção de culturas mais produtivas de fibras e grãos.

15. Senescência, colheita e aproveitamento de resíduos

Existem basicamente três finalidades dentro da produção de cânhamo, produção de sementes oleaginosas, produção de fibras ou ainda os híbridos (com duplo propósito – fibras e sementes). A colheita deve ser realizada durante a polinização para a produção de fibras e quando 70% dos grãos estiverem maduros no caso da produção de grãos (Bócsa; Karus, 1998).

Grãos: A colheita deve ser realizada quando a umidade dos grãos estiver entre 10 e 18%. Secadores de grãos e aeração devem ser adotados durante o processo de secagem e os grãos devem ser revolvidos com frequência de modo a evitar superaquecimento, que pode amarelar a semente e reduzir a qualidade do óleo. Em condições ideais de umidade e temperatura, os grãos podem ser armazenados por até 2 a 3 anos sem comprometer a qualidade do óleo, período relativamente curto quando comparado a outras culturas oleaginosas. O cânhamo costuma apresentar grande quantidade de material vegetal junto às sementes após a colheita. Dessa forma, a operação de limpeza é bastante importante para a retirada de brácteas florais, folhas e restos de flores que podem possuir pequenas quantidades de THC que podem trazer prejuízo ao óleo.

É importante também separar as sementes imaturas e desgastadas. As sementes maduras apresentam marcas escuras, enquanto sementes imaturas ou expostas ao congelamento possuem revestimento amarelado. Para classificação dos grãos pode-se considerar o nível de peróxido, indicador da rancidez que pode haver na amostra. A indústria canadense tem preferência por amostras com valor inferior a 2 meg/kg. Os níveis de peróxido podem ser reduzidos através da redução de injúrias durante os processos de colheita e limpeza, mediante início da colheita dentro do máximo teor de umidade aceitável e redução da velocidade das colheitadeiras, aeradores e secadores.

Fibra: O manejo da produção é diferente para uma produção apenas de fibra. A seleção de variedades a serem plantadas é voltada, exclusivamente, para a produção de alta biomassa. A haste é cortada quando as plantas masculinas estão em plena floração, liberando os grãos de pólen. A presença de sementes não é importante e deve ser evitada. Quando há a presença de sementes, os níveis de celulose e pectina acumulam-se no pedúnculo e isso torna mais difícil a separação de fibras liberianas das fibras do xilema. O corte das hastes é feito com cortadores e enfardadeiras redondas com pequenas modificações, que são usadas para enfardar a palha retida. Pesquisas indicam que os rendimentos de fibra podem ser aumentados ao se utilizar um número maior de sementes na semeadura, que resultará em maiores populações.

Os mercados compradores de fibras possuem certas especificações em relação ao produto, algumas são:

- Os regulamentos do Ministério da Saúde do Canadá exigem que as folhas sejam removidas do caule e deixadas no campo. O giro da faixa pode ser necessário para remover as folhas.

- Retificação: Processo no qual as hastes são deixadas no chão por um período de tempo para que as fibras se separem mais facilmente. Isso pode levar várias semanas. A chuva e ou o orvalho aceleram a retração. Esse processo facilita a separação das fibras do tipo liberiana e do xilema, quebrando a ligação que as mantêm unidas. Uma vez que o processo de retificação tenha sido concluído, a palhinha será enfardada e transportada para uma usina de processamento ou armazenada. As hastes são mecanicamente descorticadas. A descortição é um processo pelo qual as fibras liberianas são separadas das fibras. O processo de retificação cria eficiência no processo de descortição e fornece uma fibra longa de alta qualidade. Umidade: menos de 14% no fardo é desejado. Na maioria dos equipamentos disponíveis, o secador é mais fácil de processar. Mudança de cor: as hastes, no corte, devem ser deixadas para mudar de cor verde para branco ou marrom. Plantas invasoras, assim como outras fibras e palha de cereais são difíceis de separar. A maioria dos mercados terá baixa tolerância a esses detritos.

A colheita exclusiva de fibras de cânhamo é nova na indústria canadense de cânhamo. As unidades de processamento estão sendo construídas e as especificações de qualidade da fibra variam de acordo com o uso final do alvo para aquela unidade de processamento em particular. Nas lavouras cultivadas e manejadas exclusivamente para fibras, são esperados rendimentos médios de 6 a 7,5 toneladas/ha. O teor de umidade no momento da colheita será de cerca de 40% e é necessário que seja realizada a secagem para 12 a 14% para enfardamento e armazenamento.

A população e a variedade de plantas têm um efeito direto nos rendimentos de grãos e fibras. Rendimentos de grãos têm um alto potencial em baixas populações de plantas. No entanto, os rendimentos de fibra requerem uma população de plantas mais alta para atingir o potencial de rendimento máximo e o diâmetro adequado do caule.

Para a produção de propósito duplo (grãos e fibras), o grão é colhido e depois a palha é cortada e deixada no campo para retração. Os mercados-alvo para a produção de fibra determinarão se todo o campo pode ser cortado ou se parte do campo precisa permanecer como está. Dependendo do momento da colheita de grãos, o processo de retificação pode levar todo o inverno e a palha é enfardada na primavera seguinte. A seleção de variedades é importante para garantir que os mercados de grãos e fibras sejam alcançados. Alternativas à retração de campo incluem retração enzimática, retificação convencional e retificação ultrassônica por ensilagem, mas essas abordagens são novas e exigem mais pesquisas. Os requisitos de qualidade da fibra se desenvolverão com o tempo, à medida que os processadores determinarem quais aspectos da qualidade da fibra são necessários para os

vários mercados de uso final. Isso, por sua vez, ditará os protocolos de gerenciamento de palha no campo. Em um cenário de dupla finalidade, as estimativas de produtividade de talo são de 1,8 a 4 toneladas/ha.

Além dos produtos explorados economicamente através do cultivo de cânhamo, pesquisas recentes demonstram que é possível explorar os resíduos da cultura a fim de extrair compostos bioativos não narcóticos de alto valor agregado (CBD, CBG, cannflavina A, Δ^9 -THC). A cannflavina A possui atividade anti-inflamatória, inibindo a via inflamatória das prostaglandinas. Já o CBD, ou canabidiol, constitui grande parte da planta, chegando a representar mais de 40% de seus extratos. O CBD possui propriedades terapêuticas, sendo comprovada sua ação anticonvulsivante, antipsicótica, ansiolítica, antitumoral, antiinflamatória e neuroprotetora. Calzolari et al. (2017), verificaram que o adiantamento da colheita de cânhamo, após a maturidade fisiológica, aumenta o conteúdo de cannflavina A, CBD e aumenta a relação CBD / Δ^9 -THC.

Referências

AMADUCCI, S. et al. Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 313, n. 1/2, p. 227–235, 2008a.

AMADUCCI, S. et al. Modelling post-emergent hemp phenology (*Cannabis sativa* L.): Theory and evaluation. **European Journal of Agronomy**, Berlin, v. 28, n. 2, p. 90-102, 2008a.

AMADUCCI, S. et al. Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 68, p. 2-16, 2015.

AMASINO, R.M. Control of flowering time in plants. **Current Opinion in Genetics and Development**, Philadelphia, v. 6, n. 4, p. 480–487, 1996.

BÓCSA, I.; KARUS, M. **The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting**. Hemptech, 1998.

CALZOLARI, D. et al. High added-value compounds from *Cannabis* threshing residues. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 108, p. 558–563, 2017.

CERVANTES, J. **Marijuana horticulture: the indoor/outdoor medical grower's bible**. 5th ed. Van Patten, 2006.

CHAILAKHYAN, M.K.; KHRYANIN, V.N. The influence of growth regulators absorbed by the root on sex expression in hemp plants. **Planta**, Berlin, v. 138, n. 2, p. 181–184, 1978.

CHERNOVA, T.E.; GORSHKOVA, T.A. Biogenesis of plant fibers. **Russian Journal of Developmental Biology**, Moskow, v. 38, n. 4, p. 221–232, 2007.

FIDELIS, M. E. A. et al. The effect of fiber morphology on the tensile strength of natural fibers. **Journal of Materials Research and Technology**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 149–157, 2013.

GREEN, G. **The cannabis breeder's bible: the definitive guide to marijuana genetics, cannabis botany and creating strains for the seed market**. Green Candy Press, 2005.

HALL, J.; BHATTARAI, S.P.; MIDMORE, D.J. Review of flowering control in industrial hemp. **Journal of Natural Fibers**, London, v. 9, n. 1, p. 23–36, 2012.

HORVATH, D. Common mechanisms regulate flowering and dormancy. **Plant Science**, Dordrecht, v. 177, n. 6, p. 523–531, 2009.

JANES, E.W.; GENEVE, R.L.; KESTER, S.T. Cardinal temperatures and thermal time for seed germination of industrial hemp (*Cannabis sativa*). **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 1174, p. 325–330, 2017.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MEIJER, W.J.M. et al. Constraints to dry matter production in fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). **European Journal of Agronomy**, Berlin, v. 4, n. 1, p. 109–117, 1995.

MISHCHENKO, S. et al. Phenological growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.): codification and description according to the BBCH scale. **Žemės Ūkio Mokslai**, Vilnius, v. 24, n. 2, p. 31–36, 2017.

MOHAN RAM, H.Y.; SETT, R. Induction of fertile male flowers in genetically female *Cannabis sativa* plants by silver nitrate and silver thiosulphate anionic complex. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 62, n. 4, p. 369–375, 1982.

MOKSHINA, N. et al. Key stages of fiber development as determinants of bast fiber yield and quality. **Fibers**, Basel, v. 6, n. 2, p. 20, 2018.

PARIHAR, S.S. et al. Effect of seed moisture content and storage temperature on seed longevity of hemp (*Cannabis sativa*). **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 84, n. 11, p. 1303-1309, 2014.

SALENTIJN, E.M.J. et al. New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 68, p. 32–41, 2015.

SNEGIREVA, A. et al. Intrusive growth of primary and secondary phloem fibres in hemp stem determines fiber-bundle formation and structure. **AoB Plants**, Rockville, v. 7, May 2015. doi: 10.1093/aobpla/plv061.

STRUIK, P. C. et al. Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 11, n. 2, p. 107–118, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TANG, K. et al. Hemp (*Cannabis sativa* L.) leaf photosynthesis in relation to nitrogen content and temperature: implications for hemp as a bio-economically sustainable crop. **GCB Bioenergy**, Oxford, v.9, n. 10, p. 1573–1587, 2017.

TANG, K. et al. Water- and nitrogen-use efficiencies of hemp (*Cannabis sativa* L.) based on whole-canopy measurements and modeling. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 9, July 2018. doi: 10.3389/fpls.2018.00951.

THOMAS, B.; VINCE-PRUE, D. **Photoperiodism in plants**. 2nd ed. New York: Academic Press, 1996. 428 p.

VAN DER WERF, H. **Crop physiology of fiber hemp (*Cannabis sativa* L.)**. Wageningen: Proefschrift, 1994.

ZHANG, Q. et al. Latitudinal adaptation and genetic insights into the origins of *Cannabis sativa* L. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 9, p. 1876, 2018.

LINHO



LINHO (*Linum usitatissimum* L.)

Glória Soriano Vidal

1. Origem e distribuição geográfica

A cultura do linho procede em diversas citações, principalmente em relatos do uso de sua fibra na composição de tecidos, vestuários, dentre outros. Muito se tem a discutir sobre os vários relatos da cultura em termos de histórico, distribuição geográfica, utilizações e classificações das espécies. De acordo com historiadores de diversas partes do mundo, a fibra extraída do linho é relatada desde sua descoberta de aproximadamente 10.000 a.C., na era neolítica (Allaby et al., 2005). Entretanto, o cultivo em si do linho, por meio de práticas agrícolas, se apresenta por volta de 2500 a.C., como na península Ibérica, por exemplo. Recentemente, soube-se que várias espécies eram comuns em algumas áreas, e, com o tempo, houve a domesticação da cultura, originando as espécies atuais e mais cultivadas hoje no mundo (McDill et al., 2009).

A origem do linho é amplamente discutida na literatura, em estudos filogenéticos que contemplam desde a linhagem silvestre ancestral, até as espécies domesticadas utilizadas nos dias de hoje. As espécies silvestres descritas desde milhares de anos provavelmente se originaram de regiões, como Europa ocidental, Mediterrâneo, Norte da África, Ásia ocidental e sul e região do Cáucaso. Já o linho cultivado pelo homem, apresenta vários centros geográficos de dispersão, que incluem as regiões centrais e oeste da Ásia, Mediterrâneo, e a região da Sibéria, na Europa. Isso pode sugerir que as diferentes regiões de dispersão do linho podem representar a diversidade, independente de sua domesticação nas diferentes e amplas regiões geográficas em que é relatado (Allaby et al., 2005).

No caso de Portugal, essa cultura desempenhou um importante papel na diversificação da agricultura, desde a sua produção até a comercialização. Em meados do século 19 o linho havia se disseminado por todo o país, gerando entusiasmo na população camponesa, que nas regiões húmidas e frias do país há muito se deparavam com perdas na colheita de diversas culturas. Uma vez passado o tempo de adaptação de diferentes cultivares e adequação do manejo em todas as fases do ciclo da cultura, dois principais são citados na literatura: ‘Galego’, que era semeado na primavera para ser colhida no final do verão e o ‘Mourisco’, mais adaptado à baixas temperaturas, que era cultivado no outono para se colher no meio do inverno, porém, com menor qualidade de fibra. A técnica de tecelagem se aprimorou e passou a ser sempre realizada por mulheres, o que gerava produtos de alta qualidade e com excelente rendimento financeiro na hora de se comercializar, que, por um bom tempo, perdurou como uma das culturas mais rentáveis para se produzir. Entretanto, as operações que eram realizadas para converter a fibra de linho em tecido eram complexas e trabalhosas, o que ajudou a levar ao declínio da cultura, junto com o surgimento de opções menos onerosas para obtenção de tecidos, como foi o caso do algodão, não somente em Portugal, mas em todos os países que cultivavam linho (Alves, 2002).

Em 2019, a área colhida mundial de fibra de linho foi de aproximadamente 260 mil hectares, enquanto que a produtividade alcançou o valor de 1.085, 743 milhões de toneladas. Dentro deste contexto da produção mundial, os continentes de maior produção foram: Europa (74,4%), Ásia (24%), África (1,1%) e Américas (0,5%). Os principais países produtores foram: França, China, Rússia, Bélgica, Holanda, Reino Unido e Egito, respectivamente (FAO, 2021). Trata-se, portanto, de uma espécie de clima temperado, ou seja, pode ser cultivada durante o inverno devido a sua resistência às baixas temperaturas. É comumente utilizada como opção de rotação com outras culturas, como ocorre na região sul do Brasil.

Em relação à finalidade do linho, pode ser classificado em três principais destinos de comercialização: o linho para obtenção de fibras têxteis, o linho para produção de óleo de linhaça e o linho de cruzamento, utilizado para melhoramento de cultivares com maior potencial de produção de fibras e óleo nas sementes (Cloutier, 2016).

2. Classificação botânica

Quando se trata da descrição taxonômica da planta de linho, deve-se levar em consideração a existência de várias espécies pertencentes à família Linaceae, que compreende cerca de 260 espécies distribuídas em 14 gêneros e 2 subfamílias: Hugonioideae e Linoidae. Na segunda, se encontra a maioria das espécies, e gêneros de plantas herbáceas, anuais ou arbustos perenes, sendo o gênero *Linum* considerado o gênero padrão. Dentro deste gênero tipo, a espécie mais conhecida pelo seu cultivo mundial é a *Linum usitassimum* L., relatada como uma das espécies domesticadas mais comumente encontrada em lavouras até hoje (Allaby et al., 2005; McDill et al., 2009; Kubitzki, 2014).

Levando isso em consideração, a classificação botânica da principal espécie de linho pode ser descrita da seguinte maneira (McDill et al., 2009):

Reino	Plantae
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Linaceae
Família	Malpighiales
Gênero	<i>Linum</i>
Espécie	<i>Linum usitassimum</i> L.



Figura 1. Florescimento e ramos frutíferos, flor (sem a pétala), pétala, cápsula (Adaptado de Muir e Westcott, 2003).

3. Morfologia e desenvolvimento foliar

Em relação à morfologia da planta, o linho é considerado uma planta herbácea anual ou arbusto perene com conformação ereta, podendo atingir altura entre 40 cm a 1 metro, com ramificações em seu ápice (McDill et al., 2009). Suas folhas são consideradas sésseis (não apresentam pedúnculo ou outro tipo de suporte) e alternadas entre si. São estreitas, lanceoladas ou espatuladas em sua base, possuindo nervuras paralelas como característica para se diferenciar as espécies (Kubitzki, 2014).

4. Desenvolvimento de raízes

As raízes são finas, superficiais e se desenvolvem rapidamente conforme o crescimento da plântula. Tanto para variedades de produção da fibra têxtil e de sementes de linhaça, as raízes tendem a se desenvolverem nas camadas de 0 a 10 cm de profundidade do solo em maior quantidade, quando as condições de umidade e boa drenagem do solo se tornam condições favoráveis no local de cultivo, desde a emergência e início da formação de raízes, até a produção de fibras ou sementes de linhaça. Existem variações nos comprimentos das raízes de acordo com a variedade cultivada, podendo chegar até a camada de 20 cm do solo, permitindo uma maior captação de água e nutrientes, dependendo das propriedades físicas e químicas do mesmo (Kohn et al., 2016).

5. Florescimento e frutificação

As inflorescências se localizam no ápice das plantas e as flores são classificadas hermafroditas e pentâmeras, ou seja, com cinco sépalas inteiras ovadas, cinco pétalas geralmente azuis, brancas ou rosadas, sendo estas distintas ou em forma de cone, na base. As flores são hermafroditas e realizam a fecundação autogâmica (Kubitzki, 2014).

Os frutos produzidos são em forma de cápsulas, contendo cinco lóculos globosos que contem duas sementes formadas cada, totalizando 10 sementes por planta. Quando em sua maturação se tornam deiscentes. As sementes formadas nestes geralmente são castanhas claras ou marrons escuras ou amareladas e douradas, dependendo do cultivar. As sementes são ovais, planas pontudas e pequenas com peso de cem grãos que varia de 2,7 a 8,4 g. Mesmo que cada cápsula do fruto tenha o potencial para desenvolver 10 sementes, na região oeste do Canadá os acessos e cultivares possuem a produção média de 3,5 a 8,1 de sementes por fruto (Cloutier, 2016).

6. Anatomia e desenvolvimento do caule

A descrição da anatomia do caule da planta de linho pode ser dividida em: Lacuna central, medula, xilema primário, xilema secundário, câmbio, floema, fibras (formando os feixes), parênquima cortical e a epiderme com a cutícula, como ilustra a Figura 2 (Goudenhoft et al., 2017).

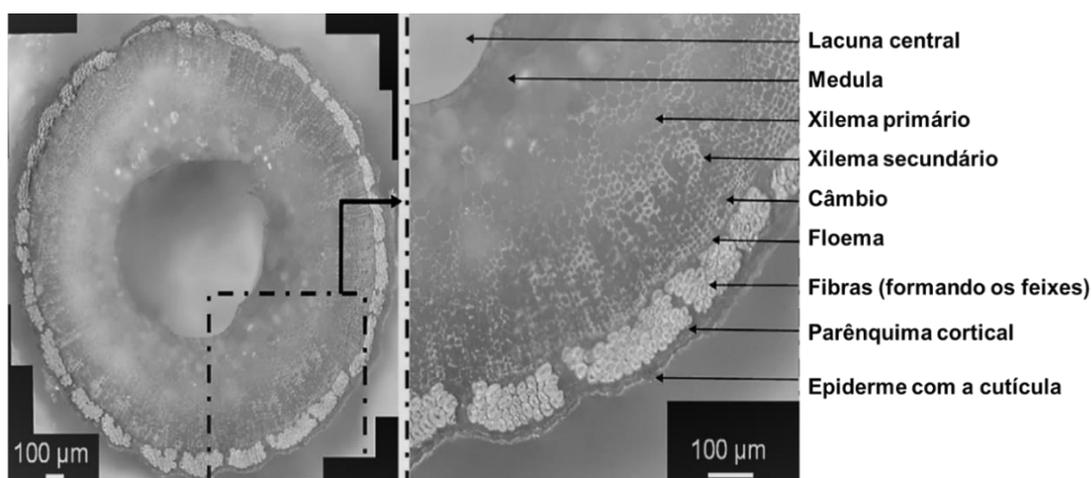


Figura 2. Imagem de um corte transversal (cultivar Ariane) mostrando os diferentes componentes do caule do linho (Adaptado de Goudenhoft et al., 2017).

A partir dessa nomenclatura é possível identificar os diferentes tecidos que formam o caule e os feixes de fibras na secção. Cada feixe de fibra é formado por 15 a 40 fibras

elementares na secção transversal. O xilema se localiza entre o câmbio e a parte central vazia, denominando como lacuna central. Desta maneira, o caule da planta de linho é oco e quase cilíndrico formado por diferentes anéis consecutivos de tecidos biológicos que constituem a biomassa do linho (Goudenhooff et al., 2017).

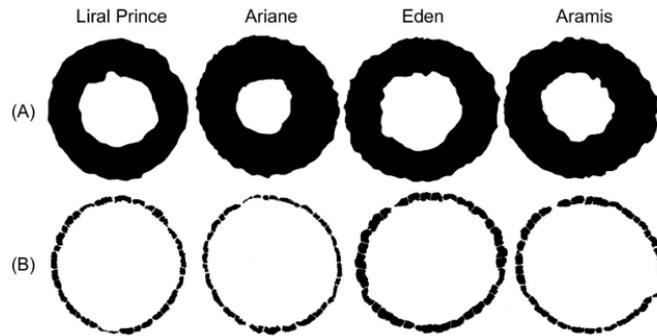


Figura 3. Imagens utilizadas para analisar alguns critérios sobre a constituição do caule das plantas, onde A é a área do tecido e B área de fibra. As imagens foram comparadas com o diâmetro equivalente do caule. Os nomes acima das figuras representam os cultivares utilizadas no estudo (Adaptado de Goudenhooff et al., 2017).

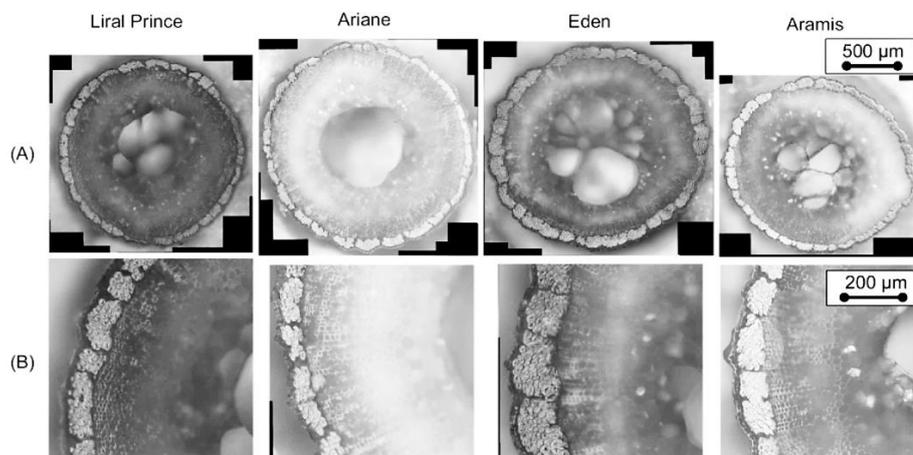


Figura 4. (A) Imagens de secções na altura média do caule (mesma escala); (B) Feixes de fibras das mesmas secções em imagens ampliadas (mesma escala). Os nomes acima das figuras representam os cultivares utilizados no estudo (Adaptado de Goudenhooff et al., 2017).

Em pesquisas realizadas atualmente, o estudo da anatomia do caule das plantas de linho destinadas à produção de fibra têxtil, se torna essencial para entender como condições ambientais, épocas de colheita, manejos e locais de produção (campo e cultivo protegido) afetam a qualidade da planta desenvolvida.

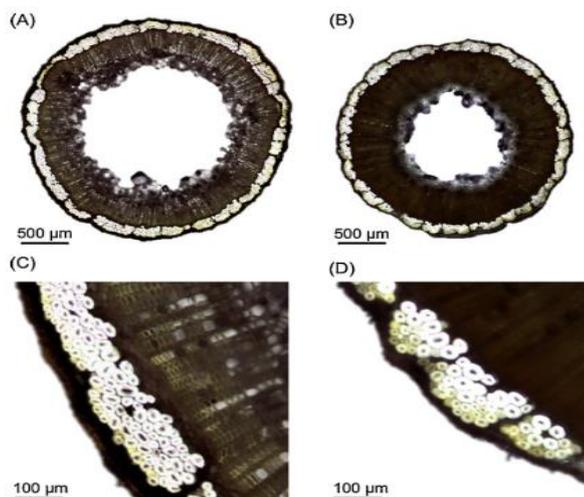


Figura 5. (A) Secções transversais do meio das hastes de plantas cultivadas no campo e (B) em casa de vegetação. (C) Feixes de fibras em uma maior ampliação para secções transversais de plantas cultivadas no campo e (D) em casa de vegetação (Adaptado de Goudenhoofd et al., 2018).

7. Germinação e propagação vegetativa

O principal tipo de propagação do linho é realizado via semente. O início do desenvolvimento da semente, ainda na planta se dá pelo processo de embriogênese. Nesta fase uma única célula se envolve em transformações, até se converter em uma unidade multicelular, a partir deste ponto, seguem ocorrendo vários processos fisiológicos até que no final destes, é formado um embrião adaptado para resistir a diferentes condições ambientais ou período de dormência uma vez em condições ambientais favoráveis, como umidade, temperatura e luminosidade, ocorre a germinação da semente. Neste processo, a dormência do embrião é quebrada e a utilização das reservas armazenadas inicia o crescimento vegetativo da plântula. Uma vez formada a plântula, verifica-se início ao crescimento vegetativo, a partir do qual a planta segue o seu ciclo até chegar ao estágio reprodutivo, produção de grãos e então, senescência (Taiz; Zeiger, 2017).

Em relação à vernalização, ou seja, necessidade de horas de frio para que a semente possa quebrar sua dormência e então germinar, existem vários estudos que divergem em relação a este tópico. Para alguns, a vernalização de sementes afeta diretamente sua germinação e conseqüentemente, o desenvolvimento da planta até a indução do florescimento, além do acúmulo de horas de frio para o florescimento, ou seja, a diferenciação das gemas florais nos ramos. Dependendo das condições climáticas da região de origem da semente, como, temperatura e duração de intensidade luminosa (fotoperíodo), ela necessita ou não passar pelo processo de vernalização para que possa germinar e completar seu ciclo. Em alguns estudos realizados, a exposição de sementes a baixas temperaturas por um determinado

período de tempo, pode influenciar em seus processos metabólicos não só na germinação, mas também na antecipação da antese (Meyer; Kichen, 1994).

Sementes de vários genótipos originadas de vários locais dos Estados Unidos e Canadá foram expostas às baixas temperaturas e após a germinação, a diferentes intensidades de fotoperíodo. As sementes provenientes da região sul com menor latitude demonstraram-se sensíveis à exposição às baixas temperaturas e apresentaram um atraso de sete dias em relação às sementes que não ficaram expostas à mesma temperatura. Já em relação à duração da intensidade luminosa, a antese foi atrasada em 12 dias ou mais nas plantas que ficaram sob condições de dias curtos, em relação às que ficaram em condições de dias longos e expostas à vernalização (Darapuneni et al., 2014). Ou seja, a resposta de diferentes genótipos condicionados a diferentes interações de vernalização ou ausência dela, com a duração do fotoperíodo, pode ser interessante para escolher qual o melhor manejo de sementes para uma determinada região. É de extrema importância conhecer o comportamento fisiológico de cada cultivar para a escolha do plantio em uma área, assim como o conhecimento das condições climáticas da região como duração da intensidade luminosa e ocorrência de baixas temperaturas durante uma estação, para, dessa maneira, melhorar a produtividade dos cultivares de acordo com a latitude do local.

Outros tipos de propagação, como a micropropagação de diferentes órgãos da planta de linho, vêm sendo abordados na literatura atual. O melhoramento genético é uma ferramenta importante para obter novos genótipos, que se adaptem às condições ambientais de distintos locais de produção no mundo, e o cultivo *in vitro* de anteras, é considerado um dos métodos mais eficientes para a obtenção desses resultados. Em países como a Argentina, o uso da técnica nesse cultivo, permite a obtenção de linhas duplo haploides em um curto período de tempo, acelera a geração de progênieis desejadas, além de ser um método muito mais acelerado em relação ao natural, que necessita de cinco a sete gerações de autofecundação para gerar a linhagem pura desejada, para realizar uma seleção de genótipos. Com o uso da biotecnologia nessa etapa, o tempo para o desenvolvimento de uma nova seleção seria de aproximadamente um ano, além de poder ser realizado em alta escala, aumentando cada vez mais o potencial de se produzir novos genótipos adaptados a diferentes características ambientais (Lassaga et al., 2010).

No caso de micropropagação a partir de explantes obtidos de diferentes partes da planta de linho, como hipocótilo e caule, os resultados também são promissores. Altas regenerações de brotos são alcançadas em um curto período de tempo gerando novas plantas. Uma das grandes vantagens desse tipo de propagação é a produção de novas mudas

indexadas, idênticas à matriz e em alta escala, podendo ser uma alternativa importante na comercialização das mesmas (Yldiz et al., 2002).

8. Solos e nutrição

O tipo de solo está diretamente relacionado com a disponibilidade de água e fornecimento de condições ideais para o desenvolvimento radicular de uma planta, por isso, a importância de se conhecer as características físicas (areia, silte e argila) e a composição química do solo em que se vai cultivar linho. Solos com alta quantidade de argila possuem uma maior capacidade de retenção de água, podendo levar ao acúmulo desta e desfavorecer o crescimento radicular e a absorção de nutrientes. Enquanto que em um solo muito arenoso pode ocorrer o inverso, e não armazenar a quantidade necessária de água para o desempenho da planta. Lembrando que, para o sucesso de uma cultura, a associação das condições edafoclimáticas com a variedade e tipo de manejo são imprescindíveis para que a planta se desenvolva e atinja altas produtividades (Carducci et al., 2017).

O linho é uma cultura pouco exigente em adubações. O nitrogênio é um nutriente que se deve ter cuidado, pois favorece o crescimento desordenado das fibras, aumenta a ramificação da planta e favorece o acamamento. Já o potássio, previne o excesso de adubação com nitrogênio e favorece a qualidade das fibras. O fósforo é importante, pois aumenta o número de fibras por feixe e também auxilia na regulação da formação dos tecidos do caule, e consequentemente seu diâmetro. A precocidade pode ser evitada com doses adequadas assim como o aumento do teor de óleos nas sementes. O excesso de cálcio pode ocasionar a diminuição da produção e qualidade de fibras, uma vez que, se destina a drenos que não o caule, diminuindo seu desenvolvimento, pois as ramificações na base aumentam e o comprimento dos entrenós ficam mais curtos (Castro; Siqueira, 1992).

9. Principais variedades cultivadas

Existem cultivares de inverno que se desenvolvem normalmente, sendo que essas variedades não necessitam do período de vernalização (acúmulo de horas de frio para quebra de dormência) para florescer, mas possuem a habilidade de suportar baixas temperaturas no início de seu desenvolvimento (Muir; Westcott, 2003). Em termos gerais, o linho possui duas principais variedades, que são conhecidas como uma de coloração marrom e outra amarelodourada. Em termos de composição de compostos não diferem, entretanto, para que possam atingir a produção final e completar seu ciclo, nem apresentam exigências diferenciadas em relação às temperaturas. A variedade marrom se adapta a temperaturas mais amenas (em torno

de 20°C), enquanto a amarelo-dourada atinge maior produtividade em regiões mais frias (Carducci et al., 2017).

Em relação à arquitetura das plantas, as variedades de linho têxtil adaptadas a temperaturas mais amenas, apresentam o porte mais ereto, caule longo (acima de 60 cm), com baixo número de ramificações e, quando presentes, localizam-se no ápice da planta. Não necessitam de vernalização para que ocorra o florescimento e possuem sensibilidade às baixas temperaturas.

As variedades consideradas de linho de inverno possuem o hábito de crescimento mais rasteiro, caule curto (abaixo de 60 cm), alto número de ramificações, e seu crescimento vegetativo é mais longo em relação às outras variedades. A necessidade do número de horas acumuladas de frio para a vernalização é moderada, e são resistentes às baixas temperaturas (Castro; Siqueira, 1995).

10. Cultivo do linho

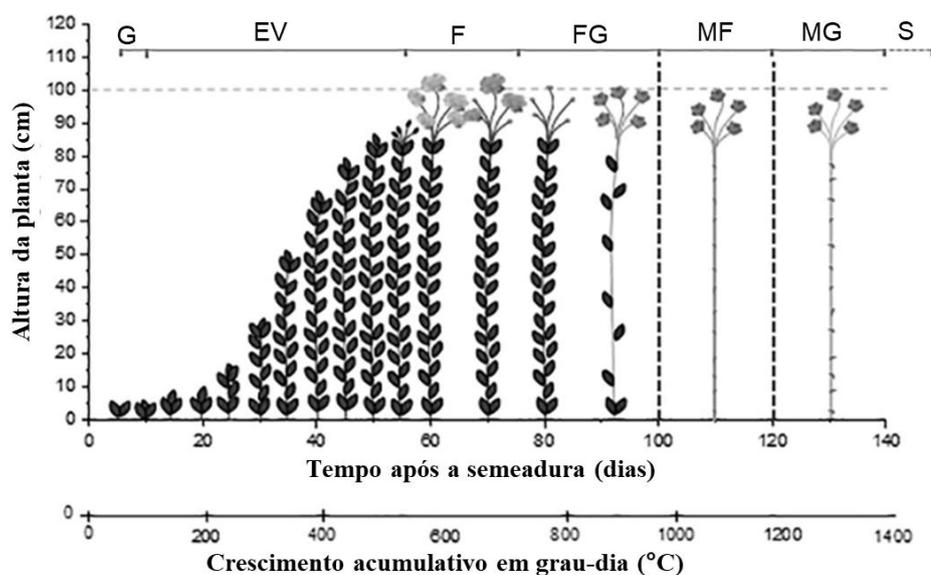


Figura 6. Esquema ilustrando o crescimento do linho começando pela data de semeadura, de acordo com o tempo após a semeadura e o crescimento cumulativo em graus-dia. (G) Germinação; (EV) Estágio vegetativo; (F) Florescimento; (FG) Formação de grãos; (MF) Maturação da fibra; (MG) Maturação dos grãos e (S) Senescência (Adaptado de Goudenhoft et al., 2019).

10.1 Plantio

Na região sul do país o plantio ocorre nos meses de maio e junho, e a colheita pode ser em novembro, dezembro ou janeiro. Para os produtores locais, em sua maioria na produção artesanal, o cultivo serve como uma ótima opção de rotação com os cultivos de verão, pois além da gerar uma maior rentabilidade, auxilia na manutenção da qualidade do solo,

aproveitando a adubação residual dos cultivos de verão e não sendo exigente em tratamentos culturais, necessitando de um mínimo de complementação nutricional (Santos; Reis, 1989).

A cultura do linho no Brasil ainda sobrevive, mesmo que em menores proporções em relação a anos atrás. A prática do cultivo é mantida na região Sul do país, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Em 2013, em uma reportagem, uma família de produtores relata que manteve a tradição de seus ancestrais. A mais de 45 anos a linhaça tem espaço garantido em mais de 80 hectares na região de Giruá no Rio Grande do Sul, uma cultura de inverno. Rentabilidade favorável e opção de rotação de cultura para o trigo por exemplo. Em condições normais, o trigo produz melhor quando rotacionado com ela. Custo baixo que gira em cerca de 200 reais por hectare. No Sul está quase 100% da área cultivada no Brasil, porque precisa do clima frio. Tem resistência superior, a geada em relação ao trigo. Saca de 60 kg equivale a 75 reais. Antes da venda se seleciona os grãos por peso e aparência, pois a comercialização é feita com diferentes finalidades. A melhor qualidade é usada para farinhas integrais, *in natura*. A de menor qualidade é usada em rações de animais e pássaros. Outro nicho de comercialização é o de óleos, tanto para misturas para tintas, como para consumo humano (Reportagem Globo Rural, relatos pessoais, 2013).

Na região Sul do país onde as estações são bem definidas ao longo do ano, a cultura do linho tem despertado interesse nos anos mais recentes para ser utilizada como cultura de inverno para a produção de linhaça, como forma de rotação com cultivos de verão, assim como para cobertura vegetal durante o inverno (Carducci et al., 2017).

Tudo se inicia com o preparo do solo como, gradagem, calagem, adubação, dentre outros tratamentos culturais, de acordo com região e suas características. Em seguida se realiza a semeadura, que geralmente é efetuada em abril/maio em regiões de clima temperado ou do Hemisfério Norte (Muir; Westcott, 2003). Semeiam-se geralmente um punhado de sementes por linha, para que a viabilidade destas não interfira. Logo se realiza uma amontoa leve e pouco profunda para recobrir a semente, e que se estabeleça um ambiente que favoreça sua germinação, que geralmente leva cerca de dez dias, dependendo das condições edafoclimáticas. A planta se desenvolve anualmente no verão, com ciclo variando de 90 a 150 dias, incluindo o período vegetativo, de florescimento e maturação da semente (Cloutier, 2016).

Em termos gerais, a planta de linho é considerada rústica e pouco exigente em termos de tratamentos culturais, porém, não deixa de ser suscetível a alguns fatores para que obtenha um desenvolvimento satisfatório. Devido ao seu histórico de cultivo, dependendo da região, ainda são encontradas práticas artesanais e totalmente dependentes da mão de obra do homem para

seu cultivo e da mulher para seu processamento, já em termos de alta escala de produção, existem áreas com colheita e processamento completamente mecanizado.

A semeadura deve ser realizada em solo firme com profundidade de 1,5 a 3 metros, em fileiras com 15 a 20 cm de distância e com uma densidade de semeadura 30 a 45 kg/ha. Um tipo de manejo recomendado para evitar a seca e calor durante a floração e enchimento de grãos, é a semeadura antecipada, que pode gerar um maior rendimento, teor de óleo e qualidade da fibra (Cloutier, 2016).

Uma vez germinada, a semente após uma série de processos enzimáticos e fisiológicos origina uma plântula, que passa a depender de fatores como: umidade, intensidade de radiação solar, temperatura e disponibilidade de nutrientes para que possa desenvolver tanto seu sistema radicular como a parte aérea (Taiz; Zeiger, 2017).

10.2 Colheita

Existe uma principal diferença na época de colheita da planta, em relação à destinação do produto final. Quando o objetivo é a produção de fibra de tecido, esta deve ser realizada antes da formação de frutos e da produção de sementes. Fisiologicamente explicando, quando a planta inicia sua floração, cerca de dois meses após o plantio, as fibras distribuídas no caule já atingiram seu comprimento total, mas ainda são finas, delicadas e frágeis em termos de textura. Conforme a planta continua se desenvolvendo, as fibras passam por modificações e aumentam sua rigidez, diâmetro e se tornam quebradiças (Muir; Westcott, 2003; Cloutier, 2016; Taiz; Zeiger, 2017).

De uma maneira geral, a qualidade da fibra para comercialização atinge seu ponto de colheita antes que os frutos se desenvolvam e produzam sementes. A semeadura para a produção do linho e da linhaça se diferem, onde uma alta densidade de plantio pode comprometer a produção e a qualidade da fibra, uma vez que existe maior competição por espaço na obtenção de água, nutrientes e radiação solar entre as plantas, diminuindo a composição, qualidade das fibras e diâmetro dos caules (Muir; Westcott, 2003; Mirzaie et al., 2020). As práticas agrônômicas recomendadas de maneira geral são a semeadura antecipada, rotação de culturas, controle de plantas invasoras e doenças para obter uma boa produtividade e qualidade do produto final.

O produtor que tem como objetivo colher um material de qualidade, deve antecipar a colheita, e dessa maneira, não aproveita a produção de sementes para comercialização, ou novo plantio na safra seguinte. Por conta dessa diferença, o produtor de linho ou linhaça sempre deve optar por apenas um, nunca ambos, para evitar a perda de qualidade da fibra.

Porém, mesmo que a fibra se torne mais grossa e não seja apta para produção de tecidos finos, uma opção para seu destino é o nicho de artesanatos que utilizam esse material para realizar suas obras de arte como cestos mantas, dentre outros objetos para decoração.

11. Ponto de colheita

A maior parte das vagens atinge uma coloração dourada ou castanha, dependendo do cultivar. Para a colheita com finalidade de produção de fibras, esta geralmente se inicia quando o caule apresenta a coloração amarela, ou seja, quando o terço inferior do calo está perfeitamente redondo em sua aparência externa. Uma prática muito comum no campo, nesta fase de desenvolvimento, é sacudir a cápsula e sentir as sementes se deslocando. Quando está nesse estágio, no cultivo artesanal, a planta é arrancada inteira do solo com a mão, para maior aproveitamento do comprimento dos caules (Alves, 2002).

Conforme se vai colhendo, os caules são amarrados e deixados de lado para depois serem processados em outra área, ou dependendo das condições, ficam de lado no mesmo local. Já quando se trata de produção em alta escala, como nos principais países produtores, já existe a colheita mecanizada, que facilita o processamento já a campo, dos caules (fenação), transporte para o local de processamento, que é praticamente inteiramente mecanizado (Muir; Westcott, 2003).

12. Efeitos de fatores ecológicos

12.1 Umidade

As relações hídricas estão diretamente relacionadas com o índice de precipitações anuais, tipos de solo, temperaturas e tipo de cultivo. Se o solo apresenta boas condições químicas e físicas, o déficit hídrico pode ser contornado e não prejudicar a cultura, se ocorrer em fases fenológicas consideradas de baixa exigência para a planta. A distribuição de água armazenada no solo durante o ciclo do linho pode contribuir para a disponibilidade adequada de água para a planta completar todos os seus processos metabólicos. Em períodos que ocorra o excesso de precipitações, ocasionando o acúmulo de água no solo, podem prejudicar a fase de formação de capsulas no linho, diminuindo a produtividade da variedade. Uma baixa produtividade pode ocorrer em função da concentração de raízes serem maior na camada superficial do solo (0 a 10 cm), que é onde ocorre a maior disponibilidade de água. Como consequência o sistema radicular do linho se mantém nesta faixa, e passa a não explorar o perfil do solo para obter nutrientes, limitando seu desenvolvimento (Carducci et al., 2017).

12.2 Temperatura

Altas temperaturas e seca podem ocasionar estresses na planta e diminuir seu rendimento, tanto para a qualidade da fibra como para o teor de óleo nas sementes, dependendo do objetivo da comercialização. Em relação às baixas temperaturas, a cultura do linho demonstra ser mais resistente, até mesmo por ser uma planta de clima temperado (Muir; Westcott, 2003).

12.3 Radiação

Em condições de dias nublados, a radiação solar é reduzida, o que pode alterar a taxa fotossintética das plantas, levando a um menor acúmulo de matéria seca nas plantas, prejudicando a formação dos feixes de fibras, assim como nas sementes, diminuindo a produtividade (Carducci et al., 2017). Como são plantas C3, apresentam certa adaptação para alterações de temperaturas durante o seu ciclo, principalmente as variedades mais tolerantes à seca.

12.4 Vento e chuvas fortes

Alguns fatores ecológicos podem afetar a cultura durante seu desenvolvimento. O vento forte acompanhado de chuva ou granizo podem acamar as plantas, ocasionando a morte por não conseguir se recuperar para continuar a se desenvolver. Estudos revelam que os efeitos de ventos fortes e chuvas aumentam o risco de acamamento das plantas, prejudicando seu desenvolvimento.

13. Processamento da fibra do linho

13.1 Processamento artesanal

De acordo com Muir e Westcott (2003) e Castro e Siqueira (1995), logo após a colheita os maços são colocados para secar para obtenção dos caules ou cápsulas bem secos. Uma vez secos, os caules passam por uma espécie de pente onde se separa das sementes. A fibra que sobra é separada e lavada para a etapa de produção do fio.

13.2 Separação das fibras

Na produção artesanal, depois de colhidos e secos de acordo com o clima da região em que está sendo cultivado (2 a 3 semanas), os caules são direcionados para o processo de maceração para a separação das fibras. Se o cultivo for em uma região com condições

favoráveis, as fibras são separadas por meio da desidratação, onde as finas camadas são espalhadas pelo campo para se decompor.

13.3 Maceração

13.3.1 Maceração por água

A maceração pode ser realizada em água onde o linho é submerso na mesma, à seco em regiões com clima mais seco e por meio de processos enzimáticos que microrganismos realizam naturalmente. A maceração em ambiente anaeróbico é realizada através da imersão dos caules secos em água durante 9 a 10 dias. Após esse processo, o linho está totalmente seco e segue para a etapa de retirada da palha ao redor das fibras, que é quebrada e removida. Logo, o linho é passado em um pente com a finalidade de retirar o resto de palha residual e alinhamento das fibras. A próxima etapa é a fiação para formar o tecido de linho.

13.3.2 Maceração por orvalho

Uma vez realizada a colheita manualmente, os caules são depositados de maneira conjunta e paralela sob o mesmo campo em que foi cultivado (a depender de onde é cultivado), para que a umidade e temperatura forneçam condições ideais para que microrganismos atuem nestes. A umidade fornecida pelo orvalho ou pelas chuvas e a amplitude térmica, permitem que fungos e bactérias atuem sobre o caule das plantas, e por meio da liberação de enzimas necessárias para seu desenvolvimento, as quais rompem as ligações pécnicas que unem as fibras ao floema. É um processo lento e que depende de mão de obra intensa para que a maceração ocorra de forma uniforme, ou seja, a palhada deve ser virada. É um dos métodos mais antigos e sustentáveis realizados. Também é uma etapa de risco, pois os caules e sua relação com os microrganismos são dependentes das condições climáticas, que podem favorecer ou prejudicar o processo.

13.4 Secagem

Depois do processo de maceração, os caules devem ser secos adequadamente para que possa manter a qualidade das fibras e evitar problemas com apodrecimentos ou ação de patógenos oportunistas. Geralmente este processo é realizado novamente ao ar livre, porém a etapa de secagem não pode ser excessiva, pois pode prejudicar a flexibilidade e consequentemente, a qualidade das fibras.

13.5 Separação

Uma vez secos, os caules são levados até uma plataforma onde rolos sistemáticos puxam e trituram os mesmos, com o objetivo de retirar a parte lenhosa restante do caule.

13.6 Sedagem

Este processo consiste na seleção e separação pelo artesão, que com o auxílio de agulhas separa do amontoado de feixes as fibras longas das curtas. As fibras longas são consideradas como as que possuem mais estrutura e qualidade, chamadas comumente de nobres.

13.7 Fiação

Esta etapa é caracterizada pela transformação das fibras obtidas em fios. O artesão coloca as fibras longas separadas em um equipamento que permite o enrolamento destas e então a rotação em um pino (geralmente de madeira) para que se forme o fio. Um enovelamento ocorre e se formam os maços de fios.

13.8 Branqueamento

Os maços formados na etapa anterior são depositados em painéis para que possam passar pelo processo de fervura. Nesta água geralmente se utilizam compostos naturais, como cinzas ou alvejantes em baixas concentrações, para obter a coloração de branco desejada. Após um tempo, os fios são lavados novamente e colocados para uma nova secagem com intervalos onde são lavados com água e detergente para garantir a limpeza destes. Quando a etapa é concluída, os fios são enrolados formando novelos que são destinados ao próximo processo.

13.9 Tear

Os novelos são colocados no tear, formando uma espécie de teia, depois de distribuídos. Nesta etapa ocorre a criação do tecido propriamente dita. Os dentes que compõem o tear separam os fios e dependendo do tipo de tear, as teias vão se formando e o tecido se forma de acordo com o método utilizado pelo artesão.

14. Processamento mecanizado e industrial

De acordo com Shatil (2018), o processamento em escala industrial do linho na Europa ocidental segue em geral as seguintes etapas:

14.1 Colheita

Ela é realizada quando a planta atinge certo ponto de maturação. As plantas neste estágio de maturação apresentam caules e cápsulas com coloração entre marrom - amarelado e o nível da planta de desfolha já é avançado. Para alcançar esse estágio as plantas requerem aproximadamente 1400°C por dia, que seria a soma de temperaturas médias após a semeadura.

Durante a colheita, a máquina vai em direção das linhas de plantio e puxam as plantas por meio de um par de correias acopladas. Essa técnica de puxar a planta inteira garante que todo o caule, e dessa maneira o comprimento inteiro da fibra, seja colhido.

14.2 Secagem

As plantas inteiras após serem arrancadas são deixadas no solo em paralelo para que comecem a se desidratar e iniciem o processo de secagem.

14.3 Maceração

Neste processo considerado natural, é iniciada a separação das fibras dos caules. Quando os caules são submetidos a condições favoráveis para os microrganismos. Nesta etapa, fungos e bactérias colonizam o caule das plantas, e por meio de interação microrganismo – hospedeiro, iniciam seus processos metabólicos para o desenvolvimento, e dessa maneira liberam enzimas que degradam os elementos pécticos que unem o feixe de fibras ao floema dos caules. Existem dois tipos principais de maceração: Com orvalho e com água.

14.3.1 Maceração através do orvalho

Esta é uma das técnicas mais utilizadas na Europa, devido ao menor trabalho empregado no campo e por se tratar de uma prática sem nenhum efeito ambiental negativo.

As plantas colocadas em faixas paralelas no chão permanecem no solo por aproximadamente seis semanas. A degradação do caule pelos microrganismos é diretamente influenciada pela umidade e temperatura, ambos fornecidos por meio de chuva, orvalho e intensidade luminosa, respectivamente. Uma vez com coloração uniforme das faixas, estas são viradas para que ocorra uma maceração uniforme. Para isso existe uma máquina automotora que realiza esta operação de torneamento.

Mesmo sendo uma técnica menos trabalhosa, ela apresenta o risco de perda de safra, por estar totalmente dependente das condições climáticas. O excesso de chuvas pode levar à

uma maceração parcial, antes de estar completa, o que pode enfraquecer as fibras e levar à perda de qualidade das mesmas. Entretanto, em condições de baixa umidade a palha não retém umidade suficiente para que os processos naturais ocorram, as fibras ficam com suas estruturas danificadas, pois não ocorre a degradação necessária e são danificadas durante o processo de escoriação.

14.3.2 Maceração através da água

Este processo é bem similar ao que ocorre na produção artesanal, modificado apenas pela escala de produção. Durante este processo, os caules secos são amarrados em feixes e imersos em água em tanques ou tambores. O tempo de duração desta técnica varia entre 3 dias a uma semana. Uma vez terminada essa fase, os feixes ou fardos são retirados e novamente secos no campo. A grande vantagem desta técnica é ser controlada, e portanto, não tem risco de perda das fibras, pois não sofre com ações das condições climáticas. Em algumas empresas, também podem ser utilizados produtos como enzimas sintéticas e procedimentos químicos.

Esse processo deixa a água utilizada extremamente poluída, a qual deve passar por um tratamento para o descarte. Este processo quase não existe mais na Europa ocidental, mas ainda é praticado em países como a China e o Egito.

14.4 Secagem

Pode ser realizada em secadores de escala industrial onde a temperatura e umidade são controladas. Em comparação com o método de secagem ao ar livre, este processo garante proteção de riscos como, excesso de temperatura e umidade, que podem comprometer a qualidade da fibra.

14.5 Separação das sementes (fenação/ondulação)

Esta etapa consiste na retirada das sementes das cápsulas das plantas. Os caules são depositados em um equipamento e puxados e por meio de atrito, as sementes se separam e são recolhidas. Esta técnica é realizada duas ou três semanas após a floração. Na Europa não se realiza esta técnica, pois é agressiva e pode diminuir a flexibilidade da fibra e, portanto, sua qualidade, diminuindo seu preço no mercado. Na Europa ocidental, se encontram as fibras de melhor qualidade e com os preços mais altos.

14.6 Enfardamento e armazenamento

Uma vez bem seca e macerada de maneira bem uniforme, a palha no solo é levantada e por meio de balde redondo, enroladas, formando um fardo redondo. Estes fardos são armazenados com umidade abaixo de 15%.

14.7 Processamento da fibra de linho

14.7.1 Processo de escoriação do linho

Preparação da camada de palha, onde os fardos redondos são colocados em um sistema composto por uma plataforma com equipamentos que irão desenrolar os feixes. Geralmente, o peso deve ser de 2 kg por metro (depende da região em que é produzido). Um peso maior provoca redução de produtividade.

14.7.2 Retirada de sementes

A retirada de sementes é realizada pela passagem dos feixes por um pente mecânico e macio, para que o processo seja realizado de maneira uniforme.

14.7.3 Drafiting

Nesta etapa a máquina utilizada para desenhar geralmente é chamada de divisória. O seu objetivo é diminuir o peso linear da camada de palha para que cada feixe seja processado uniformemente e com eficiência. Neste processo, a máquina possui de cinco a dez pares de rodas dentadas que realizam a operação.

14.7.4 Quebra

Nesta etapa ocorre a quebra do material lenhoso restante dos caules, para que possa ser removido através das turbinas.

14.7.5 Escovação/escoriação

Esta técnica separa as fibras dos materiais lenhosos do caule. A máquina que realiza esse processo é composta por dois pares de turbinas rotativas paralelas com lâmina que realizam a escoriação, onde um par de correias carrega a palha. Esse par de correias coloca e empurra a palha através das lâminas dos cilindros das turbinas que, por meio do atrito provocado, separa como se fosse uma navalha e deixa as fibras caírem na plataforma que leva o produto para a seguinte etapa.

14.7.6 Seleção e branqueamento

As fibras são classificadas de acordo com o comprimento, cor e limpeza. O branqueamento, quando realizado, ocorre logo após a seleção. Esse processo tem como principal objetivo oxidar as impurezas ainda retidas nas fibras (citadas anteriormente) por meio do uso de substâncias oxidantes. Ele pode ser realizado com o uso de alvejantes em várias fases, nas quais o procedimento vai se efetuando com soluções mais diluídas, para evitar danos nas fibras. As substâncias como peróxido de hidrogênio e cloreto de sódio, são as mais indicadas para esse processo, em relação a produtos feitos à base de hipoclorito. A utilização desses dois compostos garante ótimos resultados na coloração branca que se deseja e mais segurança em relação à deposição de resíduos nos fios, além de serem processos mais acelerados em relação aqueles que utilizam hipoclorito (reações mais tardias com os compostos das fibras) melhorando sua aceitação no mercado e valorizando o produto (Zomignan; Silva, 1992).

O alveamento (branqueamento) do linho é realizado de acordo com a coloração branca desejada. Existem quatro principais tipos de brancos obtidos, e para cada um, várias etapas de tratamentos com os alvejantes, que variam de acordo com as empresas e países produtores. Essas colorações são: cor creme; branco e creme; branco prateado e branco total.

14.7.7 Embalagem

Os fardos são embalados com o peso de 10 a 20 kg e depois ocorre uma prensagem para que se transformem em fardos de 100 kg, dessa maneira aumentando o rendimento na comercialização.

15. Estratégias para altas produções

Existem várias práticas no campo que podem ser realizadas para incrementar a produtividade e qualidade da fibra de linho.

Durante o ciclo de várias safras no cultivo no campo, diferentes fertilizantes e rotações de culturas são realizadas, o que gera a consequência dos efeitos na fertilidade no solo, que pode influenciar na produtividade e qualidade da fibra produzida. Para solucionar um possível desequilíbrio de disponibilidade de nutrientes, a análise de solo deve ser feita rotineiramente para que possíveis correções sejam realizadas adequadamente antes do plantio de uma nova safra. Cereais cultivados antes do linho tendem a reduzir os teores dos principais elementos requeridos pelas plantas (N, P e K), por isso, a necessidade desta prática para prover o teor de nutrientes necessários pela cultura do linho (Muir; Westcott, 2003).

Goudenhooff et al. (2017) realizaram ensaio comparando o desenvolvimento, número e qualidade da fibra em plantas cultivadas em campo e em casa de vegetação. As plantas que cresceram em casa de vegetação foram significativamente mais altas em relação às cultivadas em campo, com um incremento de 44% na altura do caule e 40% na altura técnica do mesmo. Os autores afirmam que as plantas cultivadas em casa de vegetação foram submetidas a irrigação e estavam protegidas de ventos, ao contrário das plantas que se desenvolveram a campo que contaram com esse efeito e somente foram irrigados com água das chuvas ocorridas durante o ciclo. As plantas desenvolvidas em cultivo protegido não obtiveram diferença significativa no diâmetro do caule em relação às plantas cultivadas no campo, portanto, os autores concluíram que para a variedade testada, que possui alta produção de fibras, talvez somente o acréscimo na altura não seja suficiente para afirmar que a casa de vegetação é um local ideal para aumento de produtividade. Entretanto, endossam que para variedades com menor produção de fibra o cultivo protegido deve aumentar o potencial de produtividade e qualidade de fibras, e dessa maneira, novos estudos devem ser realizados. Estudos como este, mesmo com resultados parcialmente positivos, estão sendo realizados com mais frequência, para que em algum momento, com uma determinada técnica e variedade, se obtenha sucesso para incrementar a produtividade da fibra do linho.

Em um estudo mais recente, Mirzaie et al. (2020), avaliaram diferentes épocas de semeadura na região de Kermanshah, Irã, a quantidade e qualidade da produção de sementes de linhaça. Um dos principais resultados que os autores chegaram foi de que na semeadura antecipada, o frio atrasou a maturação das sementes e aumentou o tempo de síntese de ácidos graxos nas sementes. Por fim, indicaram que a melhor época de semeadura é em março, quando se inicia a primavera e as condições do clima são mais favoráveis para um incremento na produtividade e qualidade do óleo das sementes, além de oferecer aos produtores uma alternativa de ampliar o sistema de cultivo duplo durante o ciclo.

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

O uso do bagaço do linho que sobra durante as etapas de maceração é utilizado na alimentação animal, rico em proteínas. Também pode ser utilizada a semente para comercialização ou formação de uma nova safra. A palhada que sobra nos processos de escoriação pode ser utilizada como cobertura e proteção do solo, óleos essenciais extraídos de folhas e flores podem ter comercialização na área de cultivos ornamentais e as fibras de menor qualidade (as mais grosseiras com menor grau de limpeza e branqueamento) podem ser destinadas a outros nichos de mercados. Já a semente de linhaça apresenta em sua composição

substâncias antioxidantes, e podem ser consumidas *in natura*, farinha e óleo. A empregabilidade para tratamentos de dificuldade de funcionamento do intestino, também é muito importante, devido ao alto teor de fibras solúveis e insolúveis na semente. De uma maneira geral, a cultura do linho demonstra uma ampla gama de utilizações, mesmo sendo trabalhosa, possui um alto potencial agregado da produção de diversos produtos.

Referências

ALLABY, R.G. et al. Evidence of the domestication history of flax (*Linum usitatissimum* L.) from genetic diversity of the sad2 locus. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 112, n. 1, p. 58-65, Dec. 2005. doi: 10.1007/s00122-005-0103-3.

ALVES, J.F. O trabalho do linho. In: MENDES, J.A.; FERNANDES, I. (Coord.). **Patrimônio e indústria no Vale do Ave**. Vila Nova de Famalicão: Adrave, 2002. p. 292-299.

CARDUCCI, C.E. et al. Water dynamics in humic cambisol under linseed tillage in the Santa Catarina plateau. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 1-11, 2017.

CASTRO, C.C.; SIQUEIRA, C.O. **Linho e sua cultura**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1995. 98 p. (Série Didática, 45).

CLOUTIER, S. **Linseed: overview**. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2015, 128 p.

DARAPUNENI, M.K. et al. Effect of vernalization and photoperiod on flax flowering time. **Euphytica**, Wageningen, v. 195, p. 279-285, 2014.

FAO. **FAOSTAT Production: crops**. 2021. Disponível em:
<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>.

FLOSS, E.L. **Linho, cultivo e utilização**. Passo Fundo: FAUPF, 1983. 39 p. (Boletim Técnico, 3).

GOUDENHOOFT, C.; BOURMAUD, A.; BALEY, C. Varietal selection of flax over time: Evolution of plant architecture related to influence on the mechanical properties of fibers? **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 97, p. 56-64, 2017.

GOUDENHOOFT, C.; BOURMAUD, A.; BALEY, C. Conventional or greenhouse cultivation of flax: what influence on the number and quality of flax fibers? **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 123, p. 111-117, June 2018.

GOUDENHOOFT, C.; BOURMAUD, A.; BALEY, C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) fibers for composite reinforcement: exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 10, p. 411, 2019.

KOHN, L.S. et al. Desenvolvimento das raízes de linho (*Linum usitatissimum* L.) em dois anos de cultivo sobre cambissolo húmico (*Linum usitatissimum* L.) e em dois anos de cultivo em um inceptsol. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, p. 36–41, 2016.

KUBITZKI, K. **The families and genera of vascular plants**. New York: Springer, 2014. 332 p. (Flowering Plants. Eudicots: Malpighiales, 11).

LASSAGA, S. et al. Cultivo *in vitro* de anteras de linho (*Linum usitatissimum* L.). **Ciencia, Docencia y Tecnología**, Entre Ríos, n. 40, p. 215–233, 2010.

McDILL, J. et al. The phylogeny of *Linum* and Linaceae subfamily Linoideae, with implications for their systematics, biogeography, and evolution of heterostyly. **Systematic Botany**, Notre Dame, v. 34, p. 386–405, 2009.

MIRZAIIE, A. et al. Yield quantity and quality of two linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars as affected by sowing date. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 158, p. 112947, July 2020.

MUIR, A.D.; WESTCOTT, N.D. (Ed.). **Flax: the genus Linum**. New York: Taylor & Francis, 2003. 583 p.

SHATIL, M.H. **Flax fiber: a brief discussion/ flax fibre cultivation: flax fibre**. Textile Study Center, 2018. Disponível em: <<https://textilestudycenter.com/flax-fiber-a-brief-discussion/>>.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

YILDIZ, M.; ÖZCAN S.; CELÂL, E.R. The effect of different explant sources on adventitious shoot regeneration in flax (*Linum usitatissimum* L.). **Turkish Journal of Biology**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 37-40, 2002.

ZOMIGNAN, J.; SILVA, I.R. Beneficiamento do linho. In: **Acabamento, tingimento, estamparias e lavanderias**. Textila. 1992.

OLIVEIRA



OLIVEIRA (*Olea europaeae*)

Lucília C. Giordano

Raquel M. Antunes

1. Origem e distribuição geográfica

A oliveira é uma árvore que tem acompanhado as civilizações humanas desde muito tempo, encontrando-se registros datados de até 1000 a.C., porém não há registro exato da sua origem. Há um consenso de que ela seja proveniente da Bacia do Mar Mediterrâneo, podendo ser encontrada em bosques naturais na Ásia Ocidental, Andaluzia, Grécia e Síria.

No século XVI, a oliveira foi introduzida no continente americano, trazida da Espanha, povoando inicialmente o México e o Peru. Ainda no mesmo século, sua cultura foi expandida para os E.U.A., Chile, Argentina, Uruguai e Brasil. Não há registros no Brasil, a respeito de qual Estado a oliveira foi primeiramente introduzida. Sabe-se, no entanto, que ela veio ao Rio Grande do Sul trazida pelos imigrantes açorianos que se estabeleceram em Porto Alegre.

É uma cultura que cresce bem em climas mediterrâneos, caracterizados por invernos amenos e verões longos, quentes e com baixa umidade relativa. As produções comerciais de azeitona são encontradas entre as latitudes 30°C e 45°C N e S, onde os invernos não são rigorosos. Os maiores produtores são Espanha, Itália, Grécia, Tunísia, Turquia e Portugal (Hartmann et al., 1988).

Atualmente, a olivicultura tem encontrado no Brasil uma grande aceitação, principalmente nas regiões Sul e Sudeste, que possuem clima favorável para a exploração desta cultura (Fernandes, 1959; Gomes, 1979; Pansiot; Rebour, 1961).

2. Classificação botânica, anatômica e morfológica

Ao classificar-se botanicamente a oliveira, pode-se utilizar a nomenclatura de A. Engler ou a de A. Cronquist, conforme abaixo:

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledonae	Magnolipsida
Sub-classe	Sympetalaе	Asteridae
Ordem	Oleales	Scrophulariales
Família	Oleaceae	Oleaceae
Gênero	<i>Olea</i>	<i>Olea</i>

O gênero *Olea* inclui de 30 a 35 espécies, sendo *Olea europaea* L., a espécie cultivada.

A oliveira é uma árvore perene que pode atingir mais de 20 metros de altura. Possui tronco geralmente baixo, grosso e tortuoso.

O sistema radicular de plantas obtidas por sementes é vigoroso, se estendendo marcadamente em distância e profundidade. Em solos áridos, as raízes vão além da projeção da copa, ocupando até 8 vezes mais a área ocupada pela copa. As plantas propagadas por estacas, por sua vez, apresentam sistema radicular mais frágil, menos desenvolvido e superficial (Gomes, 1979).

As folhas são opostas, oblongas ou lanceoladas, inteiras, pecioladas, coriáceas, verdes ou de várias tonalidades na face superior, acinzentadas ou verde-esbranquiçadas, aveludadas

na face inferior. A dimensão da folha é de 4,5 a 9 cm de comprimento por 0,7 a 1,9 cm de largura, apresentando estômatos somente na face inferior.

As inflorescências podem ser axilares ou terminais, em panículas ou em cachos de 15-30 flores. As flores são branco-amareladas, com cálice gamossépalo quadridentado, corola gamopétala funiliforme. Os estames, em número de dois, são livres, com filetes curtos e anteras grandes. O ovário é súpero, bilocular, e cada lóculo contém dois propágulos, com apenas um evoluindo após a fecundação.

Segundo Gomes (1979), as flores podem ser: puramente monoclinas (hermafroditas), puramente estaminíferas (com estames normais e sem pistilo) e fisiologicamente estaminíferas (com estames normais e pistilo anormal). Quase que a totalidade das oliveiras cultivadas apresentam flores completas e se autopolinizam, auxiliadas pelos ventos suaves.

O fruto é uma drupa ovoide ou globosa, simétrica ou assimétrica, muito carnosa e com casca lisa. Possui endocarpo oblongo, ápice acuminado, base obtusa, com ou sem sulcos, e com amêndoa no seu interior.

3. Germinação e propagação

Em sementes de *O. europaea oleaster*, a germinação é de certa forma facilitada em relação à *O. europaea sativa*, pelo fato de possuírem casca fina e pequena quantidade de óleo, favorecendo assim, a penetração da água na semente (Gomes, 1979).

A germinação das sementes de oliveira é otimizada submetendo-as a uma vernalização a 10°C por um mês antes da semeadura a 20°C. No entanto, uma temperatura de semeadura de 25°C parece reverter o efeito de um tratamento de resfriamento de menos de 5 semanas (Bongi; Palliotti, 1994).

Antes do cultivo, para que ocorra a germinação, é necessário submeter as sementes a um tratamento de escarificação, efetuando lixamento e imersão em solução de soda cáustica (Gomes, 1979).

Além da reprodução por semente, a oliveira apresenta capacidade de propagação vegetativa através dos propágulos. Esses propágulos formam-se nos troncos, ramos e raízes e possuem gemas adventícias com alto potencial de brotação. Das gemas adventícias originam brotações e raízes e são utilizadas com muita frequência em enxertia para posterior plantio.

A oliveira pode também ser propagada por estaquia. O enraizamento de estacas é alcançado com a aplicação de ácido indolbutírico (IBA) 4000 a 7000mg L⁻¹ na base de estacas semilenhosas. As estacas coletadas na porção basal dos ramos apresentam os maiores índices de enraizamento (> 90%), segundo Walali e Loussert (1990).

4. Desenvolvimento das raízes

Com a germinação da semente, a radícula é emitida perpendicularmente ao terreno, e ao penetrar no solo, reveste-se gradualmente de raízes laterais dotadas de acentuado geotropismo positivo, mostram-se finas a um ano de vida, apresentando um sistema radicular primário que, às vezes, ultrapassa um metro de profundidade (Fernandes, 1959).

Na base do caule inicia-se a formação de pequenos propágulos cujas gemas adventícias irão produzir nova brotação. As novas raízes adventícias emitidas dos propágulos são inicialmente capilares, para depois irem gradualmente engrossando e se aprofundando no solo, primeiramente de maneira oblíqua e, após, horizontalmente. A partir do terceiro ano de idade, desenvolve-se, sob a nova planta, um novo sistema radicular adventício proveniente das protuberâncias formadas no colo da planta, mais superficial, cuja tendência é substituir o primário, que irá sofrer necrose (Fernandes, 1959). Desse desenvolvimento resulta uma forma de sistema radicular onde não há presença de uma forma de raiz dominante de penetração. Mesmo em plantas pequenas, as raízes principais, quase invariavelmente seguem as faixas de fertilidade do solo, onde as raízes laterais crescem rapidamente. O sistema radicular está confinado ao primeiro metro do solo e excede a área de projeção das partes aéreas (Bongi; Palliotti, 1994).

5. Desenvolvimento do caule

Nas plantas jovens, o caule é ligeiramente cônico, com secção circular, provido de casca lisa e cor verde-acinzentada. Com a idade, o tronco perde a sua regularidade, devido ao crescimento desigual, adquirindo relevos no sentido longitudinal. A casca se fende longitudinal e transversalmente de modo irregular (Fernandes, 1959).

Bongi e Palliotti (1994) relatam que as oliveiras atingem seu tamanho total em 10 anos. O alongamento do caule ocorre, na maioria das vezes, na primavera, e está relacionado com a temperatura desta estação. Os ápices de crescimento apical são dominantes e inibem o desenvolvimento axilar numa direção basípeta, no entanto, a dominância apical pode sofrer influência da radiação solar, fertilidade do solo e de reguladores vegetais.

6. Efeitos de fatores ecológicos

6.1 Temperatura

A temperatura é o fator ambiental que mais influencia a oliveira (Bongi; Palliotti, 1994). A faixa de temperatura ótima para a fisiologia da oliveira está entre 15°C e 22°C e as

temperaturas máximas e mínimas aconselháveis não devem ultrapassar os 45°C e 12°C, respectivamente (Gomes, 1979; Hartmann et al., 1988, Pansiot; Rebour, 1961).

O valor de segurança para o mínimo de temperatura aceito pela planta é de -5°C. A temperatura de -7°C já começa a causar danos na produção, que podem ser graves e variar, de individuo para individuo, dentro da própria região. Esta variação nos danos se deve à combinação do microclima de cada planta e de seu estado nutricional (Pansiot; Rebour, 1961).

Temperaturas de inverno iguais ou inferiores a -12°C danificam toda a parte aérea da oliveira. As gemas e as inflorescências são danificadas quando ocorrem geadas na primavera. Temperatura abaixo de 10°C, no florescimento, diminui a polinização.

Durante o desenvolvimento da oliveira existem algumas temperaturas consideradas ótimas, o que pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas ótimas para desenvolvimento da oliveira (Adaptado de Fernandes, 1959).

Período	Temperatura média mensal ótima
Brotação	10°C
Floração	15°C
Desenvolvimento dos frutos	20°C
Maturação	15°C

Assim pode-se definir uma zona apta à olivicultura, em relação à temperatura, através da soma dos graus dias que as plantas recebem. Gomes (1979) assegura que sejam necessários 3978°C acumulados, para o fruto alcançar maturação, e de 5278°C a 5378°C acumulados, desde a renovação do ciclo biológico. Fernandes (1959) sugeriu mais detalhadamente valores de acumulação de temperatura durante a fase vegetativa da oliveira (Tabela 2).

Tabela 2. Valores acumulados de temperatura durante o desenvolvimento da oliveira (Adaptado de Fernandes, 1959).

Período	Temperatura média
Indução da floração	10 – 11°C
Aparecimento das inflorescências	15°C; Acumulação de 750°C
Início da floração	18 – 19°C; Acumulação de 550°C
Fecundação	21– 22°C, acumulação de 660 – 700°C
Maturação dos frutos	Ocorre logo após a acumulação de 3300°C nos períodos anteriores

6.2 Pluviosidade

Por apresentar características de plantas xerófitas, a oliveira pode ser encontrada em regiões de baixa precipitação. Entretanto nessas regiões a produtividade é muito baixa, o que não acontece em regiões com alta pluviosidade, como no norte de Portugal e da Itália (Gomes, 1979; Pansiot; Rebour, 1961).

A capacidade da oliveira para se adaptar às regiões mais áridas reside principalmente no fato de seu sistema radicular possuir um desenvolvimento excepcionalmente grande. Ou seja, ela se expande de tal forma que a quantidade de água encontrada nessa grande área é capaz de suprir a planta (Gomes, 1979). Os valores ótimos de precipitação para a oliveira, preconizados por (Fernandes, 1959) se encontra na Tabela 3.

Tabela 3. Valores ótimos de precipitação para o desenvolvimento da oliveira. (Adaptado de Fernandes, 1959).

Período	Quantidade ótima de chuva (mm)
Brotação	90 – 120
Floração	19 – 24
Desenvolvimento dos frutos	50 – 70
Maturação	70 – 90

As regiões com pluviosidade anual superior a 20 mm são aptas à olivicultura, tais como o Norte de Marrocos, Argélia, Tunísia, Espanha, Portugal, Argentina e Norte do Egito. Muitas vezes, porém, o uso de irrigação é necessário para o aumento da produtividade (Gomes, 1979; Pansiot; Rebour, 1961).

No Brasil podem ser citadas algumas áreas cuja pluviosidade é ótima, elas são situadas nas zonas climatológicas da Depressão Central, Serra do Sudeste e Missões (Gomes, 1979).

Áreas com chuvas torrenciais são desaconselhadas, pois na época de floração elas podem arrastar o pólen, diminuindo consideravelmente a produção (Fernandes, 1959).

6.3 Umidade

A umidade excessiva, tanto do ar, como do solo, é extremamente prejudicial à oliveira. A planta pode sofrer o aborto de suas flores e desenvolver doenças, em condições de alta umidade do ar, principalmente sob neblina (Pansiot; Rebour, 1961).

No solo, a umidade em excesso causa uma modificação na conformação do sistema radicular da planta, que começa a emitir raízes mais superficiais, o que leva muitas vezes a morte da planta (Fernandes, 1959).

6.4 Radiação solar

A oliveira tem necessidade de uma grande quantidade de radiação solar e ventilação. A falta de sol propicia o aparecimento de pragas e moléstias (Pansiot; Rebour, 1961).

A radiação solar também tem influência determinante em alguns processos fisiológicos da oliveira. É o caso da indução à floração, onde a luz atua como um fator muito importante, uma vez que sua deficiência reduz a diferenciação floral. Após o período de floração, a deficiência de luz pode causar o aborto dos ovários (Hackett; Hartmann, 1964).

6.5 Vento

Os ventos fortes são prejudiciais à oliveira, pela própria ação mecânica, causando deformação nos ramos, dificultam a fecundação e aumentam a queda dos frutos (Gomes, 1979; Pansiot; Rebour, 1961).

Os ventos tornam-se mais prejudiciais quando acompanhados de ar quente e seco, pois queimam as brotações e, quando coincidentes com a época de floração, prejudicando a safra. Os ventos acompanhados de massas de ar frio também são prejudiciais, principalmente nas épocas de floração e fecundação (Gomes, 1979).

7. Solos e nutrição

O solo, com suas características, é um fator de extrema importância no cultivo da oliveira, conjuntamente com suas propriedades físico-químicas e biológicas, são fundamentais as suas capacidades hídricas (Fernandes, 1959).

Considera-se o melhor solo para a oliveira aquele profundo, permeável, fresco, medianamente compacto e provido de matérias potássicas, calcárias e magnesianas (Gomes,

1979). É fundamental que o solo possua uma capacidade hídrica baixa, porém com grande profundidade, para permitir o armazenamento da água escoada (Pansiot; Rebour, 1961).

Desta forma, a proporção entre argila e areia é decisiva. Nos terrenos muito arenosos, a época de seca traz enormes prejuízos, pois estes solos, normalmente não conseguem reter água. Por outro lado, propiciam um melhor desenvolvimento radicular. Os solos com predominância da fração argilosa são mais compactos e impermeáveis. Nestes, as águas das chuvas são divididas, parte escoa pela superfície e parte é absorvida e retida por um período de tempo maior (Fernandes, 1959).

Em relação ao pH, considera-se a oliveira uma planta mais apta aos solos calcários, de reações alcalina ou neutra. Porém existem relatos de boa produtividade em solos ácidos, com pH ao redor de 5, como na Calábria, Itália e no Rio Grande do Sul (Gomes, 1979).

A oliveira, de uma maneira geral, não necessita de uma grande quantidade de nutrientes quando comparada com outras plantas frutíferas como pessegueiros, laranjeiras e videiras. Porém o estresse nutricional pode causar várias alterações fisiológicas na planta (Bongi; Palliotti, 1994).

As quantidades básicas de macronutrientes encontradas no solo, que satisfazem as necessidades da oliveira são: $N > 0,1\%$ e P_2O_5 e $K_2O > 0,03\%$. A composição ótima de macronutrientes nas folhas de oliveira é de 2,1% de N, 0,35% de P e 1,05% de K (com base na matéria seca). Já a concentração ótima de N, P, e K varia de acordo com o solo, variedade, idade da planta e idade das folhas. Bouat (1977) observou uma diminuição da concentração total de nutrientes, de 5,03% em folhas jovens para 2,45% nas folhas em senescência.

Nas situações onde os nutrientes não são suficientes para suportar os fluxos vegetativos e reprodutivos da oliveira, são desencadeadas várias alterações fisiológicas. A falta de N, por exemplo, causa uma diminuição do crescimento vegetativo, enquanto que o excesso causa um crescimento vigoroso, aumenta a suscetibilidade a patógenos e prejudica o balanço fisiológico com outros nutrientes, particularmente o fósforo. O desenvolvimento de brotações laterais é influenciado pela razão entre nitrogênio e fósforo, onde altas taxas de N/P reduzem o crescimento das brotações laterais.

A deficiência de boro (<15ppm no tecido foliar) resulta em cloroses e necroses foliares, seguida de queda de folhas, aborto dos botões florais, fraco florescimento e desenvolvimento de frutos com anomalias (Bongi; Palliotti, 1994).

A oliveira é considerada como tolerante a sais, porém a salinidade pode ser um problema nas condições onde estes se acumulam. Com taxa de irrigação/evaporação igual a 1, a planta pode suportar até 1430 ppm, mas quando essa taxa é menor que 1, o sal se acumula

no solo podendo provocar toxidez e morte das oliveiras. A salinidade diminui o potencial osmótico da solução no solo dificultando a absorção de água pelas plantas. Isso também gera um aumento nas concentrações salinas das oliveiras, levando a uma diminuição no crescimento, na diferenciação das folhas e no desenvolvimento das raízes (Robinson, 1987).

Salinidade da ordem de 60 a 120 mM de NaCl diminui a viabilidade e a germinação do grão de pólen e a fixação de frutos, sem afetar, contudo, a queda prematura de frutos jovens e o tamanho final. A salinidade também provoca alterações na composição do óleo e no amadurecimento dos frutos (Cresti et al., 1994).

8. Relações hídricas

A oliveira é considerada uma espécie resistente à seca, pois consegue prosperar em áreas onde o estresse hídrico é frequente. Tal resistência à seca é conferida à oliveira pela ação conjunta de mecanismos fisiológicos e adaptações morfo-anatômicas (Pansiot; Rebour, 1961).

Bongi e Palliotti (1994) realizaram experimento onde uma pequena porção das raízes da oliveira crescia em condições de seca e o restante em condições ótimas. Observaram que as plantas cresceram menos e suas folhas mantiveram-se túrgidas e com conteúdo de água ótimo, mas a condutância estomática foi reduzida. Zhang e Davis (1989) atribuíram esse efeito a um grande aumento no conteúdo de ácido abscísico nas raízes finas e no curso da transpiração. Assim, a oliveira apresenta adaptação para desenvolver-se em diferentes condições de potencial de solo e em condições de falta de irrigação.

Doorenbos e Pruitt (1975), obtiveram tabelas de irrigação do pomar, depois de observar as perdas de água por um mês, sob condições climáticas típicas, em plantas de oliveiras, pessegueiros e citros. Chegaram à conclusão de que a evapotranspiração foi comparavelmente menor em oliveiras (630 mm ano^{-1}) do que em pessegueiros (1088 mm ano^{-1}) e citros (940 mm ano^{-1}). Tem sido postulado que a oliveira necessita de 638 mm ano^{-1} de água para evitar o estresse hídrico.

Condições de estresse hídrico são bem toleradas pela oliveira por longos períodos. Uma das estratégias que a oliveira possui para enfrentar tais condições é diminuir drasticamente o potencial osmótico das células de suas folhas. A diminuição do potencial osmótico é obtida graças a um poliol denominado manitol. Diferentemente de muitas plantas superiores, cujo soluto principal é a sacarose, na oliveira predomina o manitol. O manitol é mais parecido com a água do que sacarose, em termos de polaridade, eletroneutralidade e potenciais redox e por isso tem a propriedade de reter menos água do que a sacarose.

Concentrações de sacarose acima de 0,5M adquirem a capacidade de reter água, retirando-a do equilíbrio fisiológico, levando assim a uma redução no potencial osmótico. O manitol não apresenta esta capacidade de retenção e as células com altas concentrações de manitol conseguem absorver água do apoplasto sob potenciais hídricos muito baixos (Bongi; Palliotti, 1994).

Outra característica que confere à oliveira resistência ao estresse hídrico é o fato de ser uma planta poiquilohídrica, já que suas folhas apresentam a capacidade de absorver água da umidade do ar. No entanto, a poiquiloidricidade só ocorre em condições de alta umidade e quando a temperatura do ar excede a da folha, além disso, os estômatos precisam estar abertos e o potencial hídrico da folha deve ser próximo de zero (Spiegel, 1955).

A taxa de crescimento diminui, em relação à capacidade fotossintética de oliveiras em condições de estresse hídrico. A taxa de crescimento relativo (TRC) pode ser calculada segundo a fórmula de Masle e Farquhar (1988):

$$TRC = \frac{A \cdot l (1 - \Phi)}{p}$$

Em que: Φ é a perda respiratória, l é o período de luz proporcional ao dia (por exemplo, para 12h de luz $l=0,5$), A é a taxa de assimilação líquida de CO_2 e p é a razão entre carbono e a área fotossintética. A TRC de oliveiras com boa disponibilidade de água é de $10 \times 10^{-3} \times \text{d}^{-1}$, enquanto que para plantas mantidas sob condições de seca é de $3,6 \times 10^{-3} \times \text{d}^{-1}$.

Por outro lado, o excesso de irrigação pode levar às condições de hipoxia para a oliveira, que é considerada uma planta com raízes sensíveis a hipoxia. Neste caso, as funções metabólicas, absorção e transporte de nutrientes e água, são prejudicadas.

9. Fotossíntese, translocação e reserva

A oliveira é uma planta que apresenta assimilação de CO_2 líquida mais baixa que a maioria das demais espécies C3. Além disso, a respiração na luz é minimizada, o que torna o sistema saturado em CO_2 . Sendo assim, a capacidade fotossintética das folhas da oliveira não supera $18 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a uma fluência de $900 \mu\text{mol quanta m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Esta baixa capacidade fotossintética está relacionada com a espessura da folha (podem desenvolver-se mais de 6 camadas de tecido paliçádico) e a baixa densidade dos centros de reação fotossintética. A capacidade fotossintética pode diminuir ainda mais nas folhas que se desenvolvem na sombra, podendo chegar a menos de 30% da capacidade das folhas fotossintetizando a pleno sol. As

podas, neste caso, podem melhorar a taxa fotossintética das folhas mais sombreadas (Bongi; Palliotti, 1994).

A pressão parcial de CO₂ dos espaços intercelulares da folha (C_i) pode ser calculada em folhas de comportamento estomatal homogêneo e, embora tenha sido observado fechamento estomático heterogêneo em folhas de oliveira, C_i é utilizada para o cálculo da assimilação de CO₂ líquida em alta intensidade de luz, relacionada com a pressão parcial no cloroplasto:

$$A = Vc \times \frac{C_i - \Gamma - Rd}{C_i + K_{ap}}$$

Em que: *Vc* é a capacidade máxima da enzima ribulose bifosfato carboxilase oxigenase (rubisco) na folha exposta à saturação de CO₂, *Γ* é o ponto de compensação na ausência de fotorrespiração, *K_{ap}* é a constante de Michaelis-Menten da rubisco e *Rd* é a taxa de respiração.

As diferenças de *A* entre plantas C3 são principalmente devidas a mudanças em *Vc*, e a quantidade de rubisco é proporcional ao nitrogênio total da folha. Comparando-se a folha de oliveira (*A*=11 μmol m⁻² s⁻¹) com a folha de espinafre (*A*=35 μmol m⁻² s⁻¹), tendo o mesmo C_i, observa-se que a *Vc* da oliveira é três vezes menor que a do espinafre. Pode-se concluir que existe uma baixa concentração de nitrogênio nas folhas de oliveira. A maioria do CO₂ na oliveira é fixado pelo Ciclo de Calvin e emprega a via glicolato, com uma proporção significativa (10%) de fotorrespiração através da alanina (Bongi et al., 1987).

A concentração de metabólitos nas diferentes partes da oliveira é dependente da estação e da temperatura. Na região Mediterrânea, a acumulação de amido nas folhas está associada com os períodos de crescimento vegetativo, principalmente na primavera. No verão, as concentrações de amido nas folhas, carboidratos solúveis e manitol diminuem, o que pode estar relacionado com a baixa atividade metabólica durante este período, que corresponde à seca (Drossopoulos; Niavis, 1988). Em condições de pseudo-dormência de inverno das raízes, que resulta numa quantidade massiva de deposição de amido no xilema, as concentrações de glicosídeos e manitol aumentam (Bongi; Palliotti, 1994).

10. Florescimento, polinização e fixação de frutos

As inflorescências da oliveira são desenvolvidas a partir das gemas laterais axilares situadas nos ramos formados durante o ano anterior àquele em que se manifesta a floração.

Não é comum o florescimento das gemas apicais e de gemas localizadas em ramos de dois ou três anos, ou em brotações novas (Fernandes, 1959).

Dentro de cada inflorescência, a floração não é sincronizada e as quedas prematuras refletem fertilização imperfeita. Uma oliveira já madura pode produzir cerca de 500.000 ou mais flores, sendo que a frutificação efetiva é, geralmente, inferior a 5%. O florescimento da oliveira é extremamente dependente de fatores ambientais, sendo que muitas vezes estes se tornam até mais importantes que a própria constituição e variabilidade genética de cada indivíduo da espécie (Bongi; Palliotti, 1994).

Nas oliveiras, a diferenciação das gemas floríferas é proporcionada pela razão existente entre carboidratos (formados pelas folhas e depositados como reserva nas plantas) e nitrogênio (absorvido pelas raízes). Nas ocasiões em que o nitrogênio é assimilado em maior quantidade em relação à formação de carboidratos, ocorre um maior desenvolvimento vegetativo, representado pela emissão de brotações vigorosas. Já uma razão maior na produção de hidratos de carbono em relação ao nitrogênio, leva a um pequeno crescimento da planta como também a uma escassa frutificação. Somente condições de equilíbrio entre hidratos de carbono e nitrogênio propiciam condições de florescimento e produção ideais (Fernandes, 1959).

Como relacionado anteriormente, a luminosidade tem uma influência muito grande sobre a indução floral. O sombreamento reduz a diferenciação das plantas, quando a deficiência de luz ocorre antes da indução floral. Após a indução, o sombreamento não tem efeito sobre a diferenciação.

A oliveira é uma espécie termoperiódica e, em função disso, a maioria dos cultivares requerem um período de, no mínimo, 10 semanas com temperaturas abaixo de 12-13°C para expressar seu pleno florescimento. A indução à floração tem seu nível ótimo quando há flutuações de temperatura entre 2 e 15°C durante um período de 70-80 dias. Temperaturas constantes abaixo de 7°C ou acima de 15°C podem inibir a indução floral (Hartmann; Whisler, 1975), enquanto temperaturas de inverno superiores à 20°C durante 2 a 3 semanas, podem impedir a quebra de dormência das gemas florais (Lave; Harshemesh, 1990). Os níveis hormonais também são reguladores da quantidade de temperaturas baixas que são requeridas na fase de indução floral (Bongi; Palliotti, 1994).

A diferenciação das flores ocorre sob temperaturas maiores do que aquelas exigidas para indução. Temperaturas excessivamente altas durante a primavera, podem impedir o desenvolvimento das flores e temperaturas baixas nesta estação, prolongar o período de

floração para mais de três semanas ou também interromper temporariamente a floração (Bongi; Palliotti, 1994).

A polinização da oliveira é realizada principalmente pelo vento e as condições climáticas são críticas para uma boa fertilização e fixação dos frutos. As chuvas durante o período de florescimento podem causar redução drástica na fixação de frutos, bem como as temperaturas excessivamente altas nessa fase, acompanhadas de ventos secos, que causam o aborto de frutos jovens. Se as condições são favoráveis à polinização e fertilização, a fixação de frutos pode alcançar de 10 a 15%, o que pode ser considerada alta e pode causar alternância de safras. A fixação na ordem de 1 a 2% é considerada como ideal e não compromete a safra seguinte (Lavee, 1986).

11. Frutos e sementes

Apenas uma pequena parte das flores da oliveira frutifica. Esta baixa frutificação efetiva ocorre devido a uma queda prematura de frutos, que ocorre até 30 dias após a floração, afetando de 50 a 55% dos frutos. Essa queda precoce pode ser atribuída a uma fecundação insuficiente; à deficiência nutricional (principalmente nitrogênio) e a falta de umidade no solo. As quedas de frutos que ocorrem depois desse período, são atribuídas a outras causas, como o ataque de pragas (Pansiot; Rebour, 1961).

A qualidade e o desenvolvimento dos frutos da oliveira são influenciados pela disponibilidade de água no solo. Condições de déficit hídrico podem conduzir a um escasso crescimento vegetativo e a uma alta proporção de flores não pistiladas, incapazes de gerar frutos, ou a uma redução na qualidade dos frutos. Com uma limitação na disponibilidade de água, o crescimento do fruto pode diminuir, pode haver desidratação e murchamento do fruto (o que pode ser reversível se ocorrerem novas chuvas) e pode haver intensa queda de frutos (Pastor et al., 1996).

Segundo Lavee (1977), o crescimento do fruto é, normalmente, representado por uma dupla sigmoide e divide-se em quatro fases. A duração das fases é influenciada pelas condições ambientais e pelos cultivares. As fases de crescimento do fruto são:

Fase 1 – o fruto cresce rapidamente por divisão e alongamento celular, e o endocarpo ocupa o maior volume do fruto. Nesta fase o regime de temperatura é limitante;

Fase 2 – corresponde a fase de endurecimento do endocarpo (caroço); ocorre grande acúmulo de matéria seca e início da acumulação de óleo; lento crescimento do fruto em volume. A temperatura e a umidade exercem importante papel nesta fase;

Fase 3 – há um grande crescimento das células do mesocarpo. Nesta fase existe grande demanda por água, carboidratos e nutrientes minerais. É a fase de maior taxa de crescimento do fruto;

Fase 4 – o fruto cessa de crescer e atinge o tamanho máximo. O amadurecimento do fruto é iniciado e ao final os frutos apresentam o máximo conteúdo de óleo.

O óleo começa a se acumular na azeitona de uma maneira significativa a partir do endurecimento do caroço. A velocidade de formação do azeite aumenta progressivamente até alcançar um máximo a 17 semanas da floração. Depois diminui paulatinamente até o final da maturação, 27 semanas após a floração (Pastor et al., 1996).

Um fenômeno que ocorre na oliveira é a alternância de produção. A uma elevada frutificação em um ano segue-se frutificação reduzidíssima no ano seguinte. Vários autores concordam em afirmar que a alternância de produção se deve a uma série de fatores intrínsecos, de caráter biológico e fisiológico, e extrínsecos, relativos aos ambientes climáticos e pedológicos. Em geral, admite-se que uma grande frutificação consome quase todas as reservas nutritivas da oliveira. A escassez de reservas nutritivas não permite que a oliveira se prepare devidamente para a frutificação seguinte, ou seja, num curto espaço de tempo que vai da frutificação até o momento de se constituírem as flores, a oliveira não pode elaborar as substâncias orgânicas necessárias para que isso ocorra. Com a frutificação enormemente reduzida, a planta poderá acumular abundante provisão de reservas para o máximo desenvolvimento floral, produzindo grandes safras novamente (Fernandes, 1959; Gomes, 1979).

12. Necessidades climáticas

A temperatura é um fator ambiental limitante do desenvolvimento da oliveira. A temperatura máxima para o desenvolvimento da planta pode ultrapassar os 45°C, enquanto que a mínima não deve ser menor que -12°C. Apesar da sensibilidade ao frio, a oliveira necessita de um período frio para que ocorra diferenciação das gemas florais. Seu desenvolvimento, portanto, é próprio de climas temperados-quentes, pois está limitado a uma área, principalmente entre 30° e 45° de latitude (Bongi; Palliotti, 1994; Pansiot; Rebour, 1961; Gomes, 1979). No entanto, há oliveiras em frutificação desde o paralelo de 45° ao de 15° e até 7° (Gomes, 1979).

Entre os países do mundo onde existem plantações de oliveira é importante citar: na Itália é cultivada em quase todas as regiões, exceto em lugares mais altos e mais frios; Portugal, Espanha, França, Grécia, Turquia, Síria, Líbano, Israel, Equador, Bolívia, na África

vão das margens do mediterrâneo para o Sul, Líbia, Omã, Arábia Saudita, Iêmen, México, Venezuela. No Brasil há oliveiras em frutificação do paralelo de 18°, em Diamantina, Minas Gerais, até a fronteira meridional, nas proximidades do paralelo de 34° (Gomes, 1979).

Mota (1989), com base em dados da necessidade de temperatura e solo das oliveiras, identificou, no Rio Grande do Sul, uma região edafoclimática favorável para o cultivo da oliveira para produção de azeite.

A oliveira inicia a sua brotação em temperaturas de 10 a 12°C; o desenvolvimento da inflorescência se inicia aos 15°C; a floração ocorre entre 18-19°C e a fecundação de 21°-22°C. Durante o período vegetativo, as temperaturas de 12°C a 22°C são favoráveis. Há necessidade de 5300 graus-dia acima de 0°C para o período de brotação-maturação. Além disso, o cultivar Nocella del Belice tem exigência de 400h de frio abaixo de 10°C para concluir o seu repouso hibernal.

Além das condições de temperatura, Mota (1989) considerou, em seu trabalho, as condições de umidade relativa do ar, radiação solar e solos. Após realizar medições das temperaturas de diversas localidades do Rio Grande do Sul, o autor concluiu que nas cidades de Alegrete, Quaraí e Rosário do Sul encontra-se uma região edafoclimática de aproximadamente 40000 ha apropriada para a cultura da oliveira. Esta região, se devidamente explorada, tem potencial produtivo de 15000 t de azeite e 150000 t de azeitonas/ano (Tabela 4).

Tabela 4. Características climáticas de três localidades do Rio Grande do Sul aptas para o cultivo de oliveiras (Adaptado de Mota, 1989).

Localidade	Graus-dias acima de 0°C (set.-abr.)	Horas de frio abaixo de 0°C (maio-ago.)	Umidade relativa média (%) no verão (dez.-fev.)
Alegrete	5.100	638	68
Quaraí	5.342	952	66
Uruguaiana	5.350	586	68

13. Adaptações ao meio ambiente

Como planta xerófita, suas folhas apresentam características morfológicas que limitam a troca de vapor de água, reduzindo a transpiração. Assim sendo, as folhas são:

- Pequenas (menor superfície foliar);
- Coriáceas;
- Com muitas camadas de tecido paliçádico no mesofilo;

- Presença de estômatos protegidos por pelos somente na face abaxial, para evitar a transpiração.
- Além das características morfológicas, as folhas das oliveiras apresentam, sob condições de estresse hídrico:
 - Capacidade de diminuir drasticamente seu potencial hídrico, graças à presença de manitol;
 - Capacidade de limitar a condutância estomática;
 - Capacidade de absorver umidade do ar (poiquilohidricidade).

A própria estrutura do sistema radicular da oliveira, com presença de xilopódios, representa uma estratégia de resistência à seca.

Outra adaptação das raízes acontece quando uma porção das mesmas está sob condições de seca e o restante, sob condições normais. Nesse caso a folha mantém seu nível de turgescência e o conteúdo de água normal e o déficit hídrico é compensado através da redução na condutância dos estômatos.

Os frutos, em condições de estresse hídrico apresentam adaptações contrárias à das folhas. São corpos suculentos, com baixa condutância que podem suprir água para as folhas durante o meio-dia.

As folhas da oliveira são bifacialmente heterogêneas. A face adaxial é notadamente mais escura que a abaxial, portanto absorve luz em intensidade e quantidade diferentes. A face abaxial das folhas da oliveira apresenta baixa eficiência dos centros de reação do fotossistema II, o que limita a fotoinibição. Também as múltiplas camadas de tecido paliçádico do mesófilo criam um ambiente de baixa intensidade de luz, o que, apesar de reduzir o transporte eletrônico e a eficiência fotoquímica da fotossíntese, serve como proteção a fotoinibição. A face abaxial das folhas tem capacidade de refletir uma maior porcentagem da radiação solar penetrante que a face adaxial, minimizando desta forma, os efeitos danosos de um habitat de alta intensidade luminosa e temperatura variável, como predominam nas regiões mediterrâneas (Fernandes, 1959; Bonghi; Palliotti, 1994).

As temperaturas baixas são limitantes para o desenvolvimento da oliveira. No entanto, muitas peculiaridades independentes podem estar combinadas para aumentar a resistência ao congelamento (tamanho do fruto, ceras, tolerância à fotoinibição). Em oliveiras que são tolerantes a temperaturas baixas, foi observado que a densidade estomatal é menor. Portanto a densidade estomatal pode ser usada como uma proteção para tolerância ao frio das oliveiras.

Uma adaptação a baixa temperatura que a oliveira apresenta é o processo de aclimação, que começa quando a temperatura do inverno cai abaixo de 5°C. Durante esse processo, as plantas param de crescer e são submetidas a importantes mudanças metabólicas. O amido é convertido em açúcares solúveis, além disso, realocado e concentrado em órgãos como proteção ao congelamento, como as raízes. A transformação do amido em açúcares mais solúveis baixa o ponto de congelamento do suco celular, fazendo com que as plantas resistam às baixas temperaturas. Assim sendo, as oliveiras possuem mecanismos para evitar o congelamento. No entanto, se a formação de gelo ocorre, a folha enrola-se levemente e se encharca de água, devido à dificuldade de reverter a plasmólise celular e iniciar e manter a absorção de água através das membranas (Bongi; Palliotti, 1994).

A tolerância da oliveira à salinidade está associada com o acúmulo de sais nas células de suas folhas, o que inibe a fotossíntese e eventualmente causa a queda das folhas na população foliar próxima às raízes.

14. Estratégias para altas produções

Para que o cultivo da oliveira atinja índices de produção favoráveis é necessário, em primeiro lugar, atender às exigências ecológicas da planta, já mencionadas anteriormente. Paralelamente a isso, deve-se continuar a pesquisa genética, visando criar variedades mais adaptadas a determinados microclimas (Mota, 1989).

O fator considerado mais importante pela maioria dos autores para a obtenção de altas produtividades é a água. A disponibilidade de água no solo influencia a fixação e o desenvolvimento dos frutos da oliveira e, por consequência, a produção. Mesmo existindo uma intensa floração, um déficit hídrico ao longo da primavera pode conduzir a um escasso crescimento vegetativo e a uma fraca produção, em decorrência da formação de grande número de flores não pistiladas ou de uma reduzida fixação de frutos. No início do verão, o déficit hídrico pode conduzir a uma redução drástica no crescimento dos frutos e se a escassez de água persistir ocorre desidratação e murchamento das azeitonas, e posterior queda prematura de frutos e perda na produção (Pastor et al., 1996). No entanto, por tratar-se de uma planta xerófita, com tolerância a seca, em muitas localidades ela é cultivada sem irrigação, em regiões semi-áridas e de pluviosidade reduzida, não podendo expressar todo o seu potencial produtivo. A irrigação melhora o valor comercial do produto colhido, devido ao aumento no tamanho dos frutos, na relação polpa/caroço e na coloração (Proietti; Antognozzi, 1996). Na Tabela 5 pode-se verificar que o efeito da irrigação suplementar de oliveiras, que têm apresentado aumentos na produtividade e melhoria na qualidade dos frutos.

Tabela 5. Influência da irrigação na estação de seca sobre o peso médio do fruto, peso seco e teor de azeite, em oliveiras 'Picual' na região de Jaén, Espanha (Adaptado de Pastor et al., 1996).

Tratamento	Peso médio do fruto (g)	Peso seco (g/fruto)	Teor de azeite (g/fruto)
Sem irrigação	1,6	0,7	0,25
80 L/planta/dia	3,9	2,1	0,95
120 L/planta/ dia	4,2	2,2	1,05

Ingleses et al. (1996) comentam que o aumento no tamanho do fruto e no teor de óleo, com a utilização da irrigação suplementar é mais pronunciado quando a operação é realizada após o endurecimento do endocarpo, no terceiro estágio de desenvolvimento do fruto, onde existe uma grande demanda por água por parte das azeitonas.

15. Efeitos de reguladores vegetais

O IBA (4000-7000 mg L⁻¹) pode ser utilizado para a propagação vegetativa da oliveira, obtendo-se elevado percentual de enraizamento de estacas semi-lenhosas (Walali; Lousert, 1990).

O ácido naftalenacético (NAA) pode ser utilizado para o desbaste químico dos frutos, com o propósito de reduzir a alternância de produção (Hartmann et al., 1988). Segundo Lavee (1986), as aplicações com NAA devem ser realizadas de 6 a 20 dias após plena floração, utilizando-se doses crescentes, conforme o atraso na aplicação. Assim, se o raleio for efetuado aos 6 dias após a plena floração, utiliza-se NAA 60 mg L⁻¹ e aos 20 dias NAA 200 mg L⁻¹. Essa diferença ocorre porque o fruto aumenta a sua capacidade de retenção à medida que avança o seu desenvolvimento.

O ácido giberélico (GA₃) 50-100 mg L⁻¹, associado ao anelamento dos ramos, pode incrementar a produção de azeitonas e minimizar os problemas de alternância de produção (Eris; Barut, 1993).

Aplicações de CPPU (forchlorfenuron), de ação citocinínica, na concentração de 60 mg L⁻¹ provoca aumento no tamanho e peso médio das azeitonas, quando a pulverização é realizada no período de duas semanas após a plena floração (Antognozzi et al., 1993).

Apesar da alta força de remoção que os frutos da oliveira apresentam na maturidade, são utilizados reguladores vegetais sintéticos para promover a abscisão, como o ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon), segundo Davies (1995). O ethephon (Ethrel 200 mg L⁻¹) pode ser aplicado no período de 20 dias antes da colheita para tornar homogênea a maturação dos frutos e diminuir os custos da colheita (Özgüven et al., 1997).

O mefluidide (1000 mg L⁻¹) pode ser utilizado em oliveiras com o objetivo de aumentar a resistência das folhas ao congelamento, em locais com invernos rigorosos. Esse regulador vegetal promove abaixamento no conteúdo relativo de água e no potencial hídrico das folhas (Palliotti; Bonghi, 1996).

Paclobutrazol, um inibidor de crescimento, que restringe a síntese de giberelinas, aplicado via solo (1-3g/planta) pode favorecer uma maior frutificação devido à restrição no crescimento vegetativo das oliveiras (Lavee; Haskal, 1993).

16. Colheita

As azeitonas destinadas ao consumo são normalmente colhidas no outono, quando os frutos atingem a coloração verde-palha. O seu consumo como fruto fresco não é possível, devido ao elevado teor de glucosídeos de sabor amargo presente na polpa. Estas substâncias devem ser neutralizadas antes de se consumir as azeitonas. Os frutos destinados a extração de óleo são deixados na planta até o inverno, e tingem coloração preta. Nesta ocasião, os frutos alcançam seu máximo conteúdo de óleo (Hartmann et al., 1988).

Referências

ANTOGNOZZI, E.; PROIETTI, P.; BOCO, M. Effect of CPPU (cytokinin) on table olive cultivars. **Acta Horticulture**, Leuven, n. 329, p. 153-155, 1993.

BONGHI, G.; PALLIOTTI, A. Olive. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. v. 1: Temperate fruits, p. 165-187.

BONGHI, G.; SOLDATINI, G.F.; HUBICK, K.T. Mechanism of photosynthesis in olive tree (*Olea europaea* L.). **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 21, p. 572-577, 1987.

BOUAT, A. **Foliar analysis and the fertilizer requirements of the olive tree: modern olive-growing**. Rome: FAO, 1997.

CRESTI, M. et al. Effect of salinity on productivity and oil quality of olive (*Olea europaea* L.) plants. **Advances in Horticultural Science**, Florence, v. 8, n. 4, p. 211-214, 1994.

DAVIES, P.J. **Plant hormones: physiology, biochemistry and molecular biology**. Dordrecht: Kluwer Academic, 1995. 681 p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Les besoins en eau des cultures**. Roma: FAO, 1975.

- DROSSOPOULOS, J.B.; NIAVIS, C.A. Seasonal changes of the metabolites in the leaves, bark and xylem tissues of olive tree (*Olea europaea* L.). II. Carbohydrates. **Annals of Botany**, Oxford, v. 26, p. 321-325, 1988.
- ERIS, A.; BARUT, E. Decreasing severity of alternation using girdling and some plant regulators in olive. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 329, p. 131-133, 1993.
- FERNANDES, E.A. **A oliveira e sua cultura no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 1959. 51 p.
- GOMES, P. **A olivicultura no Brasil**. São Paulo: Nobel, 1979. 237 p.
- HACKETT, Z.; HARTMANN, H.T. Inflorescence in olive as influenced by low temperature, photoperiod and leaf area, **Botanical Gazette**, Chicago, v. 125, n. 1, p. 65-72, 1964.
- HARTMANN, H.T.; WHISLER, J.E. Flower production in olive as influenced by various chilling temperatures regimes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 100, p. 670-672, 1975.
- HARTMANN, H.T. et al. **Plant science: growth, development, and utilization of cultivated plants**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1981. 674 p.
- INGLESE, P.; BARONE, E.; GULLO, G. The effect of complementary irrigation on fruit growth, ripening pattern on oil characteristics of olive (*Olea europaea* L.) cv., Carolea. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 71, n. 2, p. 267-263, 1996.
- LAVEE, S. The growth potential of olive fruit mesocarp *in vitro* (*Olea europaea*). **Acta Horticulture**, Leuven, v. 78, p. 115-122, 1977.
- LAVEE, S.; HARSHEMESH, H. Climate effect on flower induction in semi-juvenile olive plants (*Olea europaea*). **Olea**, Córdoba, v. 17, p. 89-93, 1990.
- LAVEE, S.; HASKAL, A. Partial fruiting regulation of olive trees (*Olea europaea* L.) with paclobutrazol and gibberellic acid in the orchard. **Advances in Horticultural Science**, Florence, v. 7, n. 2, p. 83-86, 1993.
- LAVEE, S.O. Olive. In: MONSELISE, S.P. **Handbook of fruit set and development**. Boca Raton: CRC Press, 1986. p. 261-276.
- MASLE, J.; FARQUHAR, G.D. Effects of soil strength on the relation of water use efficiency and growth to carbon isotope discrimination in water seedlings. **Plant Physiology**, Rockville, v. 86, n. 1, p. 32-37, 1988.
- MOTTA, F.S. Região edafoclimática para produção de azeite de oliva e azeitonas no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 7, p. 793-796, 1989.
- ÖZGÜVEN, A.I. et al. The effects of Ethrel on the ripening and harvesting of olive. In: 8th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT BIOREGULATORS IN FRUIT PRODUCTION, 8., 1997, Valencia. **Abstracts...** Valencia: ISHS, 1997. p. 14.

PALLIOTTI, A.; BONGI, G. Freezing injury in the olive leaf and effects of mefluidide treatment. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 17, n. 1, p. 57-63, 1996.

PANSIOT, F.P.; REBOUR, H. **Mejoramiento del cultivo del olivo (*Olea europaea* L.)**. Roma: FAO, 1961. 251 p.

PASTOR, M. et al. Crecimiento del fruto, formación de aceite y producción del olívar regado com diferentes programas de riego por goteo em Andalucía. **Fruticultura Profesional**, Barcelona, n. 76, p. 6-19, 1996.

PROIETTI, P.; ANTOGNOZZI, E. Effect of irrigation on fruit quality of table olives (*Olea europaea*), cultivar Ascolana Tenera. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 24, n. 2, p. 175-181, 1996.

ROBINSON, F.E. Growth potential of young olive with high chloride irrigation water. **HortScience**, St. Joseph, v. 22, n. 3, p. 509, 1987.

SPIEGEL, P. The water requeriment of the olive tree, critical periods of moisture stress and the effect of irrigation upon the oil content of fruit. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF HORTICULTURAL SCIENCE, 14., 1955, Wageningen. **Proceedings...** p. 1363.

WALALI, L.; LOUSSERT, R. Propagation of olive by semi-hadwood cuttings. **Al-Awamia**, Rabat, v. 70, p. 1-17, 1990.

ZHANG, J.; DAVIS, W.J. Abscisic acid produced in dehydrating roots may enable the plant to measure the water status of the soil. **Plant Cell and Environment**, Nottingham, v. 12, p. 73-78, 1989.

PINHÃO MANSO



PINHÃO MANSO (*Jatropha curcas*)

Evandro Henrique Figueiredo Moura da Silva

Letícia Gonçalves Gasparotto

1. Origem e distribuição geográfica

O pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta pertencente à família *Euphorbiaceae*, que compreende aproximadamente 8000 espécies com cerca de 320 gêneros. A espécie *J. curcas* ainda se encontra em processo de domesticação, tendo as pesquisas agrônômicas iniciadas nos últimos 50 anos. A referida espécie é nativa das Américas e amplamente distribuída nos trópicos, tendo como provável centro de origem o México e América Central (Schmook; Seralta-Peraza, 1997).

Segundo Becker e Makkar (1998) foram identificadas quatro variedades de pinhão-manso, caracterizadas principalmente pelo nível de ésteres de forbol. Sendo dessas variedades duas tóxicas (originárias da Nicarágua e Cabo Verde), uma de toxicidade desconhecida (originária da Nigéria) e outra não tóxica (originária do México).

2. Classificação botânica

O gênero *Jatropha* inclui, aproximadamente, 175 espécies tropicais e subtropicais das quais várias apresentam valor medicinal, ornamental e outras produzem óleo. A classificação botânica do pinhão-mansão, de acordo com a nomenclatura de Engler e Cronquist é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica do pinhão-mansão segundo Engler e Cronquist.

	Engler	Cronquist
Reino	Plantae	Plantae
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Subclasse	Archichlamydae	Rosidae
Ordem	Celastrales	Euphorbiales
Família	Euphorbiaceae	Euphorbiaceae
Gênero	<i>Jatropha</i>	<i>Jatropha</i>
Espécie	<i>Jatropha curcas</i> L.	<i>Jatropha curcas</i> L.

3. Anatomia, morfologia e desenvolvimento

O pinhão-mansão é uma planta perene, caducifolia, arbórea (podendo chegar a 3m de altura) de crescimento rápido. As folhas quando novas apresentam coloração vermelho-vinho, tornando-se gradativamente verdes; são alternadas, largas, lisas, em forma de palma com três ou cinco lóbulos, com nervuras esbranquiçadas na face abaxial, de pecíolo longo e com estruturas glandulares que secretam látex (Heller, 1996).

O pinhão-mansão possui caule liso, de lenho macio (com aproximadamente 20 cm de diâmetro) e medula desenvolvida, porém pouco resistente. O tronco, que contém látex, é dividido desde a base, em ramos com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca.

Com relação ao sistema radicular, o pinhão-mansão apresenta uma raiz principal bem desenvolvida e raízes periféricas, no entanto a raiz pivotante não é normalmente formada quando as plantas advêm de propagação vegetativa.

O pinhão-manso é uma planta caracterizada como monoica, com flores unissexuais (Figuras 1, 2 e 5) raramente hermafroditas, com 4 a 6 pétalas produzidas na mesma inflorescência. São pequenas e dispostas em inflorescências na forma de cachos (Figura 1, 1). A coloração das pétalas pode ser branca, amarela, verde ou vermelha e a polinização é entomófila. A floração ocorre de maneira descontínua com frutos da mesma inflorescência de idades diferentes. Os frutos são cápsulas triloculares indeiscentes (Figuras 1, 6 e 7) medindo de 2,5 a 4,0 cm de comprimento por 1,5 a 3,0 cm de diâmetro, constituídos por um pericarpo duro e lenhoso. A coloração dos frutos é inicialmente verde, chegando à cor marrom escuro quando maduros, o fruto pode apresentar de 1 a 4 sementes e o peso dos frutos varia de 1,5 a 3 g (De Padua et al., 1999).

A semente é endospermica e apresenta forma ovoide, com carúncula, rafe pouco evidente, envoltório liso ou com variação mosqueada, coloração preta, marcada por suaves estrias (Figuras 1 e 8). A plântula tem germinação epigástrica, hipocótilo alongado e cotilédones emergentes (De Padua et al., 1999). Cada semente de pinhão-manso pesa entre 1,53 e 2,85g e contém entre 25 e 40% de óleo inodoro, fácil de extrair por pressão. Um quilograma de sementes contém entre 1000 e 2370 sementes. A amêndoa contém endosperma abundante, branco e oleaginoso (28 a 35% de óleo) e o embrião, constituído do eixo embrionário e de dois largos cotilédones achatados e foliáceos (Saturnino et al., 2005).

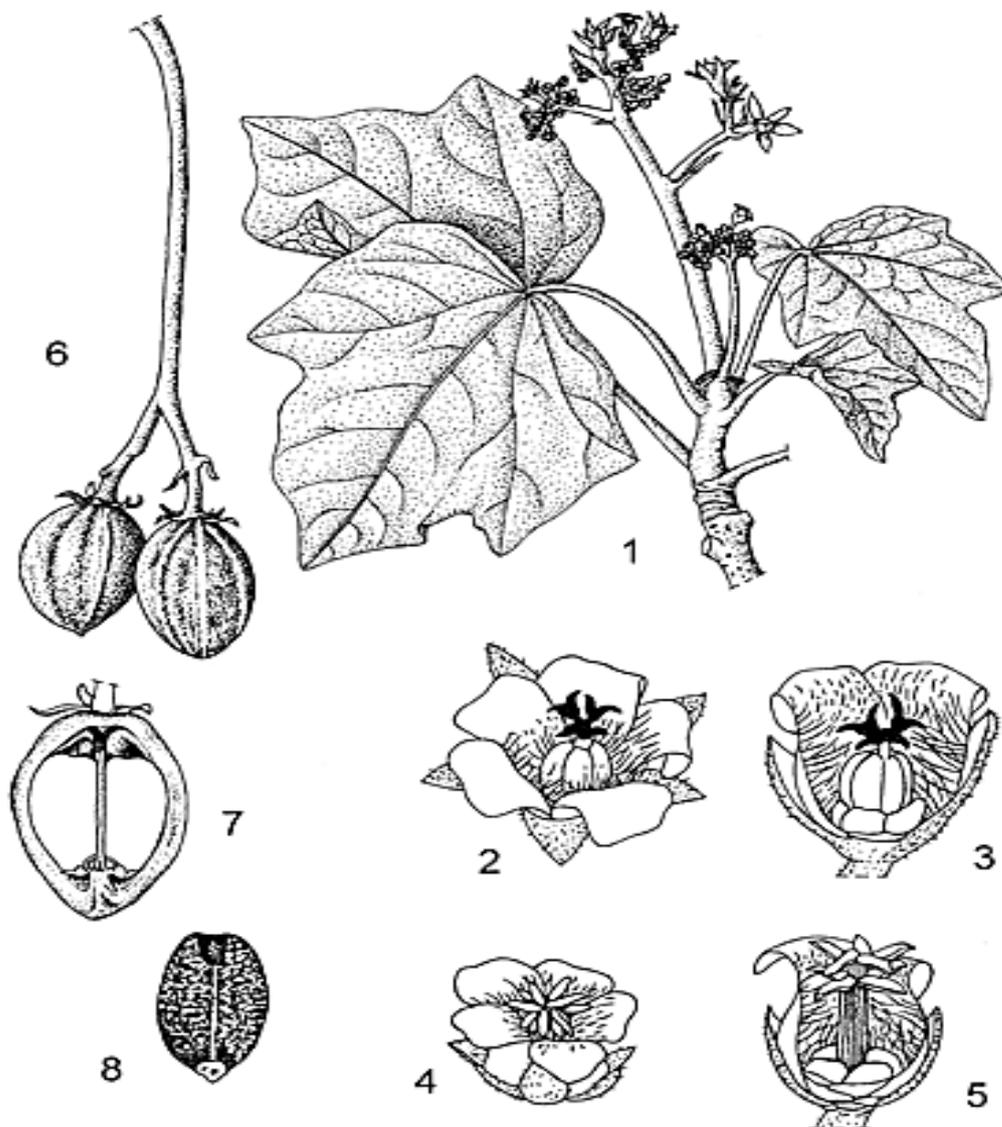


Figura 1. *Jatropha curcas* L. - 1 ramo com inflorescência; 2, 3 flores fêmea; 4,5, flor macho; 6, frutos; 7, corte longitudinal do fruto; 8, semente (Adaptado de Prosea, 1999).

4. Germinação e propagação

Os índices de germinação da semente de pinhão-mansão estão entre 80 e 90%, e o tempo hábil para o armazenamento das sementes é de cerca de dois anos (Ye et al., 2009), sendo que ainda não são produzidas comercialmente. As mudas provenientes de sementes apresentam um desenvolvimento mais lento quando comparadas com mudas originárias de estaquia, porém mais resistentes à seca e com maior longevidade (Heller, 1996).

A propagação clonal de pinhão-mansão por estacas, quando tratadas com auxina apresentam um melhor enraizamento e brotação. Essa forma de propagação possibilita a produção de frutos em um ano de campo, enquanto as mudas provenientes de semente demoram de 3 a 5 anos para iniciar a produção (Kochhar; Singh; Kochhar, 2008).

5. Relações hídricas

O pinhão-mansão apresenta alta tolerância à seca sendo cultivado em diversos países do mundo, principalmente países do semiárido tropical. A elevada tolerância à seca do pinhão-mansão está relacionada ao seu caule suculento e associado ao seu metabolismo C3-CAM. Por apresentar o metabolismo CAM em situações de seca, perdem pouca água por transpiração durante o processo de absorção de CO₂, uma vez que os estômatos abrem no período noturno e permanecem fechados no diurno (Matos, 2010).

A cultura apresenta folhas decíduas, ocorrendo abscisão na estação seca, as quais ressurgem logo após as primeiras chuvas. É considerada uma espécie xerófila, com forte resistência à seca; a planta pode sobreviver com 200 mm de pluviosidade anual, com até três anos de secas frequentes, porém paralisando seu crescimento nesse período. Francisco (2016) determinou valores de Kc de 0,6, 1,2 e 0,4, respectivamente, para os estádios vegetativo, reprodutivo e senescência. A planta tolera precipitações pluviométricas de 480 a 2380 mm anuais, porém seu bom rendimento é observado com chuvas anuais bem distribuídas entre 600 e 800 mm (Saturnino et al., 2005). Avaliando a primeira colheita, Drumond et al. (2007) obtiveram produtividade de 871 kg ha⁻¹ em plantas irrigadas e, em regime normal de chuvas (sequeiro), da ordem de 246 kg ha⁻¹.

6. Solos e nutrição

Os resultados de Saturnino et al. (2005) mostraram alto grau de adaptabilidade do cultivo de pinhão-mansão em solos marginais e de baixa fertilidade. Na maioria das situações analisadas, os solos apresentavam pH abaixo de 5,5, com baixas concentrações de Ca²⁺ e Mg²⁺ e com alta disponibilidade de Al³⁺ na solução do solo. Os autores conferiram a alta adaptabilidade dessa espécie ao sistema radicular profundo e ao eficiente mecanismo de absorção de nutrientes. A matéria orgânica na lavoura variou de valores médios a altos, que foram explicados, em parte, pela deposição de folhas do próprio pinhão-mansão, em decorrência de sua característica caducifólia.

Considerando uma população de 1250 plantas ha⁻¹ a extração de nutrientes pelos frutos no 4º ano de cultivo corresponderia a uma retirada de 146,2; 28,5 e 103,6 kg ha⁻¹ de N, P, K, respectivamente. Com base na marcha de absorção de nutrientes Laviola (2009) sugeriu a recomendação de adubação apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Recomendação de N, P₂O₅ e K₂O para a cultura do pinhão-manso (Adaptado de Laviola, 2009).

Idade da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
 g planta ⁻¹ ano ⁻¹		
0 a 1 ano	25 a 30	0	10 a 20
1 a 2 anos	35 a 40	10 a 15	20 a 30
2 a 3 anos	60 a 75	20 a 30	40 a 60
3 a 4 anos	120 a 150	40 a 60	80 a 120

**A partir do 5º ano de cultivo, seguir a recomendação de adubação para o 4º ano.

7. Fotossíntese

Fatores do ambiente, tais como a seca, salinidade e temperaturas extremas, afetam a disponibilidade de água e nutrientes no solo e conseqüentemente a produtividade agrícola. O problema enfrentado pelas plantas em condições de alta taxa de radiação solar e altas temperaturas, principalmente nas regiões tropicais, é a absorção de energia pelas folhas que pode elevar a temperatura em até 5° C acima da temperatura ambiente (Wahdwa et al., 2010).

O estresse hídrico, juntamente com altas temperaturas, é capaz de alterar os processos fisiológicos em plantas de pinhão-manso, provocando danos na integridade das membranas celulares, inibindo o transporte de elétrons da etapa fotoquímica da fotossíntese e diminuindo as trocas gasosas (Silva et al., 2010). Segundo os referidos autores, o estresse salino é outro fator capaz de reduzir a assimilação líquida de carbono, porém não é maior do que o dano causado pelo estresse hídrico.

As plantas de *J. curcas* possuem metabolismo do carbono, típico de espécies C3 e apresentam máxima atividade fotossintética quando a concentração de nitrogênio é alta no tecido foliar (Yong et al., 2010). Portanto, espera-se que o pinhão-manso tenha maior produtividade quando cultivado em áreas com solo bem irrigado e adequada nutrição mineral.

A radiação solar é outro fator que afeta o aspecto fisiológico da cultura. Em um trabalho realizado por Matos (2010), avaliou-se o efeito do sombreamento sobre as características fisiológicas das folhas em mudas de *J. curcas*, onde as mesmas foram cultivadas sob telado com 40% da radiação solar (sombra), e a outra metade a pleno sol. No referido estudo, a irradiância de compensação (I_c) foi, em média, 35,6% maior nas plantas a pleno sol, quando comparada com a das plantas sombreadas (Tabela 3). No entanto, a irradiância de saturação (I_s) foi semelhante, independentemente dos tratamentos (Tabela 3). A respiração foi, em média, 39,7% maior nas folhas de sol, quando comparadas com folhas de

sombra. A taxa de assimilação líquida do carbono saturada pela luz foi semelhante, ao compararem-se as folhas de sombra e sol, enquanto o rendimento quântico aparente (Φ_a) foi, em média, 32,9% maior no sol quando comparada com a de sombra (Tabela 3). A taxa de assimilação líquida do carbono (A), a condutância estomática (g_s) e a razão entre a concentração interna e ambiente de CO_2 (C_i / C_a) quando medidas em sistema aberto, sob luz e concentração de CO_2 ambientes, foram, em média, 48,0%, 44,9% e 63,6% maiores nas folhas de sol, quando comparadas com folhas de sombra, respectivamente (Tabela 4). A razão F_v / F_m foi superior a 0,82 em todos os tratamentos, indicando ausência de fotoinibição da fotossíntese (Matos, 2010)

A concentração foliar de nitrogênio total, em base de massa, foi, em média, 20% maior nas folhas de sombra quando comparadas com as plantas de sol. A concentração de clorofilas totais, em base de massa, foi significativamente maior nas folhas de sombra em relação às de sol. A concentração de carotenoides totais (em base de massa) bem como a razão entre as clorofilas a/b foi superior nas folhas de sombra em relação às de sol, enquanto a razão entre clorofilas e carotenoides foi, em média, 60,8% maior nas folhas de sombra em relação às de pleno sol. As razões clorofilas totais/N e clorofilas/C foram relativamente maiores nas folhas de sombra em relação às de sol (Tabela 4), fatos explicáveis, principalmente, em função da maior concentração de clorofilas totais sob sombra (Matos, 2010).

Ainda segundo Matos (2010), a massa seca da parte aérea e do sistema radicular foram, em média, 33,6% e 64,0% maiores nas folhas de sol em relação às de sombra, respectivamente, resultando em uma razão parte aérea/sistema radicular 46,5% maior no tratamento de sol, quando comparado com o de sombra. No entanto, o diâmetro do caule e altura das plantas, foram maiores no tratamento com sombra (Tabela 5).

Tabela 3. Irradiância de compensação [I_c , μmol (fótons) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$], irradiância de saturação [I_s , μmol (fótons) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$], rendimento quântico aparente [Φ_a , mol (CO_2) mol^{-1} (fótons)], respiração [R_d , μmol $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$] e taxa de assimilação líquida de carbono saturada pela luz [A_{RFA} , μmol (CO_2) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$] obtidas a partir de curvas A/RFA de folhas de *Jatropha curcas* L. (Adaptado de Matos, 2010).

Parâmetros	Tratamentos	
	Sombra	Sol
I_c	$10,61 \pm 1,71^A$	$16,47 \pm 3,9^A$
I_s	$458,5 \pm 1,07^A$	$466,6 \pm 4,31^A$
Φ_a	$0,049 \pm 0,004^A$	$0,0073 \pm 0,009^A$
R_d	$0,44 \pm 0,020^A$	$0,73 \pm 0,03^A$
A_{RFA}	$14,18 \pm 0,30^A$	$13,35 \pm 0,75^A$

*Valores representam a média \pm erro-padrão (n=7). Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 4. Concentrações foliares de N-total, clorofilas (Cl) totais (a+b) e carotenoides totais (Car), e razões Cl/N, Cl_a/Cl_b (Cl_{a/b}) e Cl/Car em folhas de *Jatropha curcas* L. (Adaptado de Matos, 2010).

Parâmetros	Tratamentos	
	Sombra	Sol
A, μmol (CO_2) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$4,96 \pm 0,26^B$	$9,54 \pm 0,90^A$
gs, mmol (H_2O) $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$	$0,138 \pm 0,008^A$	$0,076 \pm 0,011^B$
C_i/C_a	$0,77 \pm 0,09^A$	$0,28 \pm 0,06^B$
N total, g kg^{-1} MS	$24,81 \pm 0,41^A$	$19,84 \pm 0,38^B$
Cl (a+b), g kg^{-1} MS	$6,12 \pm 0,32^A$	$3,18 \pm 0,18^B$
Car, g kg^{-1} MS	$0,94 \pm 0,12^A$	$1,19 \pm 0,13^A$
Cl/N, mmol mol^{-1}	$6,40 \pm 0,20^A$	$2,69 \pm 0,18^B$
Cl a/b	$1,77 \pm 0,25^A$	$2,44 \pm 0,43^A$
Cl/Car	$7,27 \pm 1,36^A$	$2,85 \pm 0,35^B$

Valores representam a média \pm erro-padrão (n=7). Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Tabela 5. Parâmetros físicos da planta de *J. curcas* em função dos tratamentos (Adaptado de Matos, 2010).

Parâmetros	Tratamentos	
	Sombra	Sol
Área foliar	$397 \pm 22,0^A$	$162 \pm 12,3^B$
Massa seca parte aérea (g)	$4,24 \pm 0,29^B$	$6,29 \pm 0,63^A$
Massa seca raiz (g)	$0,63 \pm 0,038^B$	$1,78 \pm 0,23^A$
Razão parte aérea/raiz	$6,77 \pm 0,23^A$	$3,62 \pm 0,28^B$
Diâmetro do caule (cm)	$1,58 \pm 0,058^A$	$1,12 \pm 0,0020^B$
Altura da planta (cm)	$14,78 \pm 1,14^A$	$13,25 \pm 0,83^A$

8. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O cultivo do pinhão-manso é encontrado desde o nível do mar até altitudes de aproximadamente 1000 m, porém observa-se que a planta se desenvolve melhor entre 200 e 800 metros e temperaturas médias, variando entre 18 e 25°C (Saturnino et al., 2005). O pinhão-manso é exigente em insolação e muito tolerante à seca e a baixa fertilidade dos solos, apresentando grande aptidão para seu cultivo em regiões tropicais e semiáridas.

9. Estratégias para altas produções

Na literatura, alguns trabalhos têm mostrado que a poda pode ser benéfica à cultura do pinhão-manso, contribuindo para a formação da planta com arquitetura adequada e controle fitossanitário. De acordo com Saturnino et al. (2005), a poda dos ramos no pinhão-manso pode aumentar a intensidade de brotação em virtude da eliminação da dominância apical e consequentemente, concentrar a produção. A diminuição do estresse hídrico via irrigação e uma adubação adequada, também podem contribuir para o aumento do número de ramos produtivos, inflorescência saudável e boa frutificação.

Souza et al. (2011), avaliando o adensamento de plantas de pinhão-manso, verificaram maior produtividade de frutos secos de pinhão-manso em plantios mais adensados, apresentando maior produtividade na densidade de 5000 plantas ha⁻¹ (991 kg ha⁻¹).

10. Efeitos de reguladores vegetais

Gouvea et al. (2012), observaram que a citocinina (benziladenina) alterou as características de florescimento e frutificação do pinhão-manso. O número de flores masculinas e femininas, e o número de inflorescências por planta aumentaram significativamente com a aplicação da benziladenina. O maior número de flores femininas por inflorescência e de inflorescências por planta tem grande potencial para impactar a produção de frutos de pinhão-manso (Tabela 6). Os contrastes entre as médias das plantas tratadas e do grupo controle permitiram inferir que a aplicação de benziladenina contribuiu para aumentar o número de frutos por cacho, como consequência do maior número de flores femininas por inflorescência (Tabela 6). No entanto, a aplicação da benziladenina reduziu significativamente a fixação dos frutos. A aplicação da benziladenina pode alterar não somente os componentes reprodutivos como também o metabolismo da planta, tornando-a mais eficiente na produção e uso de fotoassimilados. Observou-se que a aplicação de benziladenina proporcionou também maior número de cachos por planta, como consequência do maior número de inflorescências por planta (Tabela 6).

Tabela 6. Comparação de médias pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade, das características avaliadas em plantas tratadas com benziladenina e em plantas não tratadas (controle) aos 36 meses de plantio. FF, número de flores femininas por inflorescência; FM, número de flores masculinas por inflorescência; NI, número de inflorescências; CI número de cachos por inflorescência; CP, número de cachos por planta; IPF, índice de fixação de frutos; MAXF, número máximo de frutos por cacho; MINF, número mínimo de frutos por cacho; PROD, massa (g/planta) de grãos (Adaptado de Gouvea et al., 2012).

Tratamentos	FF	FM	NI	CI	CP	IPF	MAXF	MINF	PROD
Controle	3,7a	23,8a	44,1a	2,55a	35,12a	0,64a	6,96a	0,98a	409,98a
Benziladenina	20,0b	84,6b	83,9b	6,91b	47,76b	0,35b	17,20b	1,74b	791,08b

Joshi et al. (2010), estudaram o efeito do etileno (ethephon), ácido indolilacético (IAA) e ácido naftalenacético (NAA) a 50, 100 e 150 ppm, via aplicação foliar. Os referidos autores consideraram que houve influência do tratamento em caracteres morfo-fisiológicos em *J. curcas* no início do florescimento, maior razão entre flores femininas e masculinas (Tabela 7) e rendimento de frutos e sementes (Tabela 8).

Tabela 7. Efeito de reguladores vegetais em caracteres morfo-fisiológicos de *J. Curcas* L. (Adaptado de Joshi et al., 2010).

Tratamento	Iniciação floral (dias)		Razão entre flores masculinas e femininas/ inflorescência	
	2008	2009	2008	2009
Controle	39.17±0.60	38.00±0.50	27.00±0.9	26.73±1.3
Ethrel _{50ppm}	29.33±0.88	29.33±0.44	26.00±1.0	24.46±1.5
Ethrel _{100ppm}	26.83±0.88	28.00±1.61	24.19±0.6	21.71±1.0
Ethrel _{150ppm}	23.00±0.76	25.00±1.00	24.00±1.2	21.00±1.0
IAA _{50ppm}	28.33±1.48	30.17±2.68	26.00±0.8	24.00±1.2
IAA _{100ppm}	25.33±2.19	26.00±0.29	24.91±1.0	23.00±0.5
IAA _{150ppm}	24.00±1.5	24.00±1.00	24.50±1.0	21.21±1.7
NAA _{50ppm}	28.83±1.17	30.00±0.00	26.29±0.9	25.96±1.5
NAA _{100ppm}	27.67±0.60	28.50±2.84	25.91±1.2	24.31±1.2
NAA _{150ppm}	25.67±1.45	26.00±0.58	25.04±0.9	22.50±1.0
S. Em	1.004	1.381	0.433	0.565
CD at 5%	2.93	4.031	1.264	1.65

Tabela 8. Efeito de reguladores vegetais no padrão de rendimento *J. Curcas* L (Adaptado de Joshi et al., 2010).

Tratamento	Rendimento de fruto/planta (g)		Rendimento de sementes/planta (g)	
	2008	2009	2008	2009
Controle	3.33±0.44	6.28±2.49	1.63±0.21	3.04±1.28
Ethrel _{50ppm}	5.36±0.51	9.41±1.35	2.65±0.24	3.95±1.02
Ethrel _{100ppm}	17.38±1.31	23.59±3.88	8.21±0.68	11.22±1.48
Ethrel _{150ppm}	28.28±8.98	31.78±14.27	12.94±4.21	14.58±5.72
IAA _{50ppm}	14.95±1.95	15.46±3.09	7.20±1.19	7.79±1.40
IAA _{100ppm}	20.32±14.30	21.00±3.96	9.50±6.61	9.69±1.58
IAA _{150ppm}	27.35±7.73	33.21±10.35	12.78±3.66	15.68±4.88
NAA _{50ppm}	15.69±1.30	14.66±2.19	7.45±0.82	7.21±1.27
NAA _{100ppm}	17.19±1.22	19.18±4.84	7.97±0.29	9.09±2.12
NAA _{150ppm}	25.96±5.13	29.96±8.94	9.67±0.78	13.73±3.52
S. Em.	1.323	1.91	0.773	0.704
CD at 5%	3.864	5.575	2.256	2.057

Efeitos de fatores ecológicos e senescência

Um dos principais sintomas do déficit hídrico é a abscisão foliar, sendo que é comum em diversas espécies a queda das folhas em condições de longas estiagens. Segundo Saturnino et al. (2005), o pinhão-mansão é uma espécie decídua, apresentando queda de folhas na estação seca. A redução de temperatura é outro fator que pode desencadear o processo de senescência foliar, sendo o pinhão-mansão muito sensível ao frio e a geadas. O efeito da baixa temperatura e do déficit hídrico na senescência foliar do pinhão-mansão que ocorre em diversas regiões, ainda precisa ser melhor estudado (Matos, 2010).

11. Aproveitamento dos resíduos

Várias partes da planta apresentam valor medicinal, suas cascas contêm tanino e rende uma tinta azul escura, suas folhas são utilizadas para a criação do bicho-da-seda e contém uma substância anti-inflamatória para uso medicinal. O látex extraído da planta tem propriedades medicinais e moluscidas. As sementes são usadas como inseticidas, forrageiras (não tóxicas ou desintoxicadas), o óleo da semente para a produção de sabão, combustível, lubrificante, inseticida, uso medicinal e quando misturado com óxido de ferro, pode ser usado como verniz. A torta de semente, resultante da extração do óleo, é útil como fertilizante, ela constitui excelente adubo orgânico, rico em nitrogênio, fósforo e potássio. A torta produzida a partir da variedade atóxica foi usada na preparação de rações em substituição ao farelo de soja e estudos mostraram que os animais tiveram aumento de peso e qualidade de carcaça. Já as suas raízes contêm um óleo amarelo com fortes propriedades anti-helmínticas (Saturnino et al., 2005).

Referências

- DE PADUA, L.S.; BUNYAPRAPHATSARA, N.; LEMMENS, R. **Plant resources of South-East Asia**. Backhuys Publ., 1999. v. 12.
- DRUMOND, M.A. et al. Produção de pinhão-mansão no semiárido brasileiro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 1., 2007, Teresina. **Anais...** Teresina: EMBRAPA Meio Norte, 2007. 1 CD-ROM
- FRANCISCO, J.P. **Estimativa da transpiração de pinhão-mansão com a utilização do método de dissipação térmica**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-16082017-153135/>>. Acesso em: 24 jun. 2018.
- GOUVEIA, E.J. et al. Aumento da produção de grãos de pinhão-mansão pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1541-1545, 2012.
- HELLER, J. **Physic nut *Jatropha curcas* L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops**. Rome: IBPGR, 1996.
- JOSHI, G.; SHUKLA, A.; SHUKLA, A. Synergistic response of auxin and ethylene on physiology of *Jatropha curcas* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 23, n. 1, p. 66-77, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S167704202011000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 maio 2018.
- KOCHHAR, S.; SINGH, S.P.; KOCHHAR, V.K. Effect of auxins and associated biochemical changes during clonal propagation of the biofuel plant - *Jatropha curcas*. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 32, n. 12, p. 1136-1143, 2008.
- LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, p. 1969-1975, 2008.
- LI, Z. et al. System approach for evaluating the potential yield and plantation of *Jatropha curcas* L. on global scale. **Environmental Science and Technology**, Easton, v. 44, n. 6, p. 2204-2209, 2010.
- MAKKAR, H.P.S.; ADERIBIGBE, A.O.; BECKER, K. Comparative evaluation of non-toxic and toxic varieties of *Jatropha curcas* for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. **Food Chemistry**, Easton, v. 62, n. 2, p. 207-215, 1998.
- MATOS, F.S. **Caracterização fisiológica da senescência foliar em populações de *Jatropha curcas* L.** 2010. 47 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L.F. **Importância da fruticultura, poda das árvores frutíferas, propagação das plantas frutíferas**. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido, 2011. (Boletim Técnico).

OLIVEIRA, S.J.C. **Componentes de crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) em função da adubação mineral e da poda.** 2009. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009.

SATURNINO, H.M. et al. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 229, p. 44-78, 2005.

SCARPARE FILHO, J.A.; MEDINA, R.B.; SILVA, S.R. **Poda de árvores frutíferas.** Piracicaba: ESALQ, Casa do Produtor Rural, 2011. 54 p.

SCHMOOK, B.; SERALTA-PERAZA, L. *J. curcas*: distribution and uses in the Yucatan Peninsula of Mexico. In: **Biofuels and industrial products from *Jatropha curcas*.** 1997. p. 53-57.

SILVA, E.N. et al. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 167, p. 1157-1164, 2010.

SOUSA, H.U. et al. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS DE PINHÃO-MANSO, 2., 2011, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Agroenergia; ABBPM, 2011. 1 CD-ROM.

WADHWA, R.; KUMARI, N.; SHARMA, V. Varying light regimes in naturally growing *Jatropha curcas*: pigment, proline and photosynthetic performance. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 6, n. 4, p. 66-80, 2010.

YE, M. et al. Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 76, n. 2, p. 487-497, 2009.

YONG, J.W.H. et al. Effect of fertilizer application on photosynthesis and oil yield of *Jatropha curcas* L. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 48, n. 2, p. 208-218, 2010.

RAMI



RAMI (*Boehmeria nivea* L.)

Fabio Ernesto Martínez Maldonado

1. Introdução

O rami (*Boehmeria nivea* L.) é uma planta herbácea perene originária da Índia e China (She et al., 2010, 2011a; Liu et al., 2011), cultivada e usada principalmente como fibra têxtil (Lee et al., 2014). A China atualmente possui 90% da produção mundial (Zhu et al., 2013; She et al., 2011a). O rami é coletado três vezes por ano na principal área de produção da China e até seis vezes por ano em ambientes de cultivo bem irrigados nas Filipinas (Li-Yuan et al., 2016; Huang et al., 2014).

Sua fibra é utilizada na fabricação de tecidos, fios, cordas e tapetes, além de outros produtos e subprodutos (Freire et al., 1996). Considerada uma fibra de alta resistência; pode ser adaptado a outros sistemas de processamento, dando-lhe a possibilidade de ser trabalhado em máquinas que processam algodão, lã, seda e linho (Freire et al., 1996). É extremamente absorvente, seca rapidamente, mancha com bastante facilidade e é excepcionalmente tolerante ao ataque de bactérias, mofo e insetos (Lee et al., 2014). O rami produz uma das fibras liberianas mais fortes e longas, com uma aparência brilhante, quase sedosa (Di Bene et al., 2011). Possui propriedades superiores ao algodão, cânhamo, linho e seda. Nos países da

América Latina, um hectare pode produzir 10 vezes mais fibra anualmente do que um de algodão (Ramirez, 2009).

Por outro lado, as raízes de *B. nivea* Gaudich são conhecidas como um importante produto medicinal na China, usadas para o tratamento de resfriado comum, febre, infecções do trato urinário e risco de aborto espontâneo (Xu et al., 2011; Guo et al., 2018).

2. Origem e distribuição geográfica

Nativa da zona subtropical da China (Pérez et al., 2013) e das regiões temperadas do leste asiático, provavelmente nos vales do sudoeste da China, se espalhou para as Filipinas, Taiwan, Índia e Japão, Coreia e Europa (Freire et al., 1996), e no sul da Rússia em 900 a.C. segundo Roy e Lutfar (2012). Esta planta produz a fibra têxtil mais antiga da Ásia e África, sendo que há registros de que os egípcios já o importavam do Oriente durante o período pré-dinástico (5.000 a 3.000 a.C) (Pérez et al., 2013). Foi introduzida pela primeira vez das Índias Orientais e na Holanda em 1733, França em 1844, Alemanha em 1850, Inglaterra em 1851 e Bélgica em 1860. Em 1857, plantas do rami chegaram desde Java até o Jardim Botânico de Washington (USA). Em 1690, George Eberhard Rumph nomeou como *Ramium majus*, plantas de rami crescendo nas Índias Orientais. Posteriormente, em 1737, Linnaeus as nomeou como *Urtica nivea* (Rehman et al., 2019). Mais tarde, em 1826, o rami foi rebatizado como *Boehmeria nivea* L., por Gaudichaud. No final do século 19, as plantas e sementes foram transportadas para outras partes do mundo (Rehman et al., 2019). No Brasil, a produção comercial de rami começou na década de 1930 e atingiu os máximos da produção em 1971 (Roy; Lutfar, 2012), conforme a Figura 1.

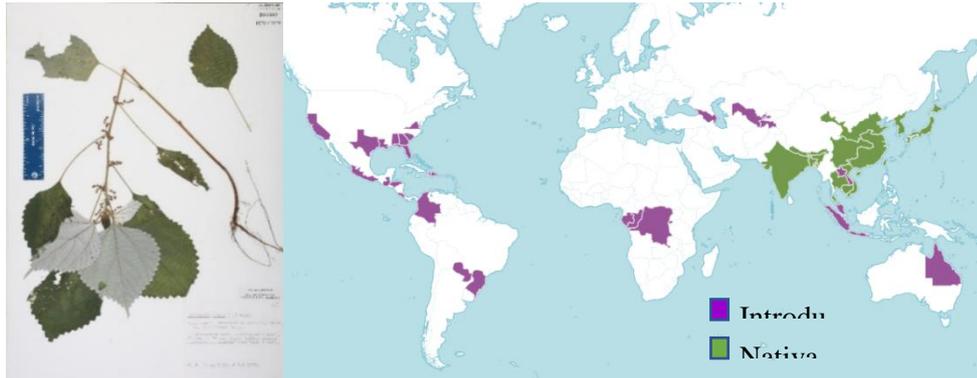


Figura 1. *Boehmeria nivea* L. Gaudich. Nativo para Ilha de Andaman, Assam, Bangladesh, Camboja, Centro-norte da China, Centro-sul da China, Sudeste da China, Ilha Cook, Himalaia oriental, Hainan, Índia, Japão, Kazan-retto, Coreia, Nepal, Ilha Nicobar, Taiwan, Tailândia, Vietnã. Introduzido para Alabama, Brasil Sul, Califórnia, Colômbia, Congo, Costa Rica, Distrito de Colúmbia, República Dominicana, Fiji, Flórida, Gabão, Geórgia, Guatemala, Ilhas do Golfo da Guiné, Haiti, Havaí, Honduras, Jawa, Laos, Ilha de Leeward, Louisiana, Malaya, Mexico Southwest, Ilha Norfolk, Paraguai, Puerto Rico, Queensland, Ruanda, Ilha Society, South Carolina, Sumatera, Tadjhikistan, Texas, Transcaucasus, Trinidad-Tobago, Uzbequistão, Virginia, Ilha Windward, Zaire (Adaptado de Wunderlin et al., 2021).

3. Classificação botânica

Classificação adaptado de Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

Kingdom	Plantae
Subkingdom	Viridiplantae
Infrakingdom	Streptophyta
Superdivision	Embryophyta
Division	Tracheophyta
Subdivision	Spermatophytina
Class	Magnoliopsida
Superorder	Rosanae
Order	Rosales
Family	Urticaceae
Genus	<i>Boehmeria</i> Jacq.
Species	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich. – Chinese grass

Pertence ao reino plantae, classe Magnoliopsida, ordem Rosales, família Urticaceae, gênero *Boehmeria* e espécie *B. nivea*. Tem como sinônimos *Ramium niveum* (L.) Small e *Urtica nivea* L.

Existem cerca de 100 espécies do gênero *Boehmeria* (PÉREZ et al., 2013; FREIRE et al., 1996; LEE et al., 2014), a maioria delas tropicais e subtropicais, que incluem plantas herbáceas e arbustivas. As mais importantes são *B. malabarica*, *B. sidaefolia*, *B. nivea*, *B. macrophylla*, *B. platyphylla*, *B. platyphylla* Don var. *tomentosa*, *B. platyphylla* Don var. *longissima* Hook. f., *B. platyphylla* Don var. *cinerasens* Wedd., *B. platyphylla* Don var. *zeylenica* Wedd., *B. platyphylla* Don var. *rugosissima* Wedd., *B. platyphylla* Don var. *rotundifolia* Wedd., *B. hamiltoni* Wedd., *B. polystachya* Wedd., *B. rugulosa* Wedd., *B. kurzi* Hook. f., *B. scabrella* Gaud. e *B. Utilis*.

4. Anatomia e morfologia

É uma planta perene, ereta, ramificada, alta e arbustiva, ou herbácea, com cepas subterrâneas permanentes que se projetam do solo. Mede de 1 a 1,25 metros de altura, tamanho adquirido entre 45 aos 60 dias. Os brotos aéreos ou colmos herbáceos, que constituem a parte comercial, são cilíndricos e não ramificados (Figura 2a), segundo Ramirez (2009).

4.1 Caule

Possui caules verdes mais ou menos peludos, tornando-se castanhos na maturidade, cilíndricas, raramente ramificadas e com tamanho que varia de 1 a 3 metros de altura e 0,7 a 1,2 cm de diâmetro (Freire et al., 1996; Pérez et al., 2013). A epiderme do caule, apresenta paredes externas muito espessas e numerosos pelos unicelulares. Quando os brotos estão maduros a epiderme é substituída pela periderme, composta por 4 a 6 camadas de células secas. Abaixo da periderme há uma zona contínua de colênquima, seguida por outra de parênquima, que contém muitos cristais e grãos de amido (Ramirez, 2009). Esta camada, de 3 a 5 células de espessura, envolve o cilindro de fibras, composto por células poligonais, com paredes muito espessas, cujo comprimento de 10 a 25 mm é muito maior que as demais fibras. Existem de 3 a 6 fileiras de células no cilindro que não são sólidas, mas são interrompidas irregularmente por massas de parênquima, onde se encontram os demais tecidos do floema. A parte central do caule é ocupada pelo cerne e xilema e por uma medula altamente desenvolvida. O tecido de parênquima que circunda a zona da fibra contém gomas que aderem fortemente às paredes da fibra (Ramirez, 2009) de acordo com as Figuras 2a e 2b.

4.2 Folhas

As folhas do rami são em forma de coração, com 7 a 15 cm de comprimento e 6 a 12 cm de largura, brancas na parte inferior (rami branca) ou verdes (rami verde), com pequenos pelos densos o que dá uma aparência prateada; ao contrário da urtiga, os pelos não picam (Roy; Lutfar, 2012) conforme as Figuras 2a, 2c, 2d.

4.3 Flores

As flores de rami são pequenas e em geral de cor amarela. Suas inflorescências são panículas auxiliares que surgem dos nós superiores de um mesmo caule, em dois cachos: as flores estaminíferas de tamanho maior, que carregam o pólen e nascem da parte inferior da axila do caule, e as flores pistiladas (verdes, amarelas ou vermelhas) sendo tubulares com pelos e se dividem em 2 ou 4 dentes. O ovário unicelular termina em um estilo longo, com pelos em apenas um lado (Ramirez, 2009).

4.4 Frutas e sementes

O fruto é um aquênio, com sementes amarelo-acastanhadas de 1 mm de largura, em forma de pera, fusiforme e geralmente incrustados permanentemente no cálice. *B. nivea* pode produzir 50 gramas de sementes por planta (Ramirez, 2009) de acordo com as Figuras 2e, 2f, 2g.

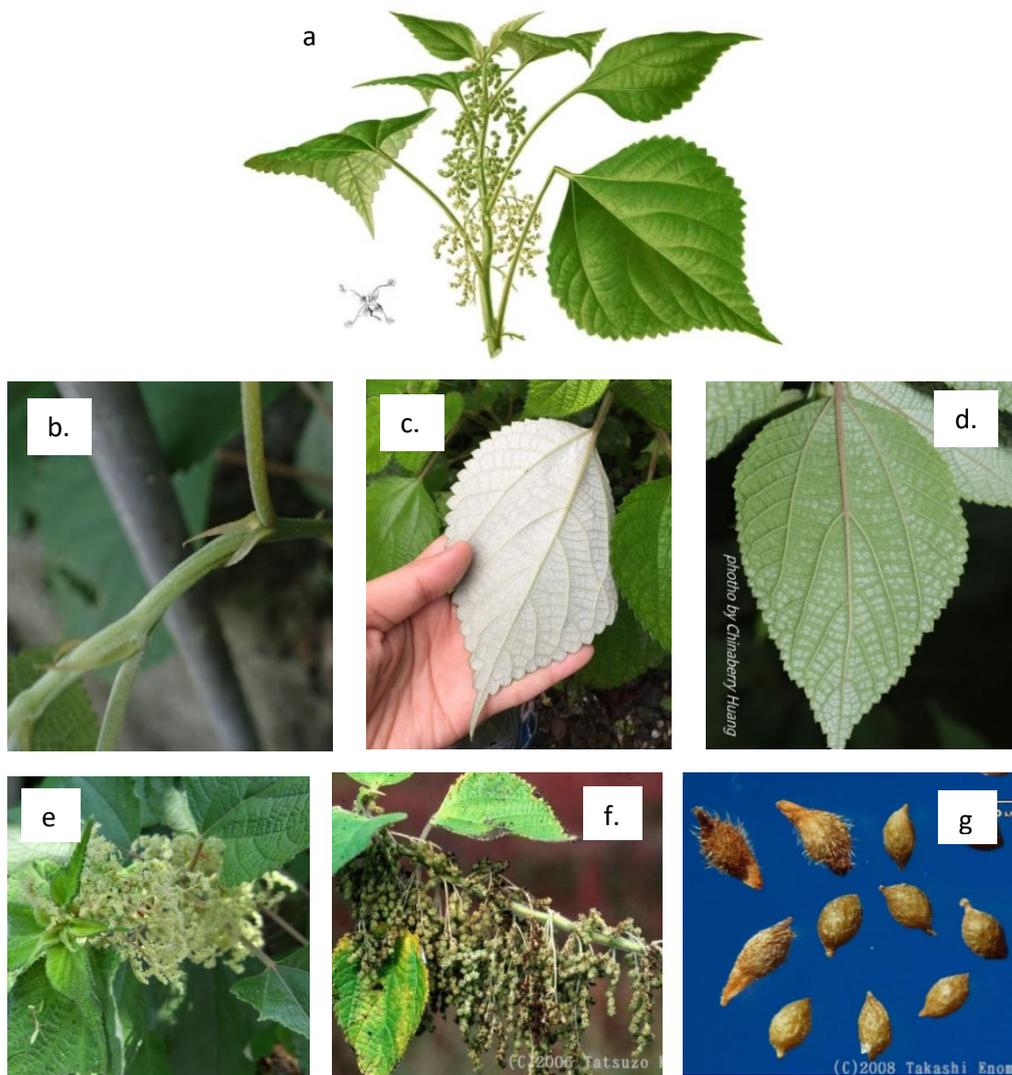


Figura 2. Planta de Rami (a.), caule (b.), folhas (c. e d.), inflorescência de rami (e. e f.), semente Fruto de rami (g). (Adaptado de https://www.gbif.org/occurrence/gallery?taxon_key=2984359 e <http://www.rib.okayama-u.ac.jp/wild/index.html>)

5. Germinação e propagação das plantas

A propagação pode ser sexuada ou assexuada; a primeira, por semente e a segunda (a mais utilizada) e por rizomas (Huang et al., 2014). Estima-se que 3009 sementes em 300 m² devem produzir um número de mudas suficiente para plantar um hectare, com densidade de 1,3 x 0,3 m. A multiplicação por rizomas é a mais indicada, pois garante maior capacidade de brotação, além de colheitas mais precoces e brotações mais uniformes e maiores. O aumento das fibras vegetais provenientes dos rizomas é 14% maior do que a proveniente da semeadura (Freire et al., 1996). A colheita de rami híbrido vem de sementes F1 obtidas no cruzamento entre dois pais geneticamente diferentes. Em comparação com as variedades convencionais, os híbridos de rami têm potencial para produzir mais 20 - 30% de fibra (Huang et al., 2014).

Outra forma de propagação considerada para o melhoramento da cultura é a cultura *in vitro*. Wang et al. (2008), avaliaram a capacidade de regeneração da planta com base no meio de cultura utilizado, os explantes (cotilédone, hipocótilo, folha, pecíolo e caule) e reguladores vegetais. Foram utilizados cotilédones e hipocótilos excisados de plântulas com 4 dias, sendo que folhas, pecíolos e caules de plântulas de 15 dias foram os mais bem-sucedidos. A maior eficiência de regeneração foi obtida no meio de Murashige e Skoog com um meio basal de vitaminas B5 de Gamborg que continha 2,27 M de thidiazuron (TDZ) e 0,054 FtM de ácido naftalenacético (NAA) para as cinco categorias de explantes testados. Um fotoperíodo de 16:8h (claro/escuro) foi superior ao escuro contínuo para a regeneração de rami, usando TDZ.

5.1 Desenvolvimento da raiz

O sistema radicular do rami é composto por raiz pivotante, rizomas e pequenas raízes coaxiais. As raízes alimentadoras e reprodutoras podem aprofundar-se no solo, chegando a atingir em torno de 0,60 a 1 m de comprimento. O desenvolvimento dos rizomas ocorre na superfície do solo, onde são formados nódulos com gemas, de onde são emitidos os brotos (Ferraz et al., 2020).

O rami é uma cultura perene que é colhida a cada 60 dias, cortando-se o caule maduro (caule) sem destruir o órgão radicular, para que o sistema radicular da planta se desenvolva continuamente no solo. Quanto mais velha a plantação, mais estabelecidos são os sistemas de raízes. O sistema radicular consiste em raízes de reserva (forma de raiz inchada e alargada), pequenas raízes fibrosas (parte ativa da raiz para absorver água e nutrientes do solo) e rizomas (que crescem lateralmente e contêm botões ou olhos, como um órgão reprodutor), segundo (Subandi, 2012).

5.2 Desenvolvimento do caule

O caule desse vegetal possui forma cilíndrica (Figura 2a) com 0,7 até 1,2 cm de diâmetro, externando, quando jovem, coloração verde e tornando-se pardo na maturidade (Figura 2c), raramente ramificado, podendo atingir alturas variando de um a três metros (Freire, 1996). Conforme indicado, a propagação é feita através de rizomas, sendo os caules de crescimento horizontal com botões, que dão origem a raízes e brotos herbáceos, os quais originam novos caules. Quando os caules são cortados durante o período de crescimento, os novos brotos permitem dois ou três cortes por ano, e até quatro, quando as condições são excepcionalmente favoráveis (Pérez, 2013). O rami produz uma fibra derivada da camada

liberiana do caule, ou seja, o floema dos caules vegetativos das plantas, conforme Roy e Lutfar (2012).

6. Efeito de fatores ecológicos

O aumento da salinidade do solo limita seriamente o crescimento e o desenvolvimento do rami. Huang et al. (2015), detectaram, nessas condições, uma redução dos parâmetros de trocas gasosas como fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E). A salinidade também modula o conteúdo de antioxidantes não enzimáticos e a atividade de enzimas antioxidantes.

A planta consegue crescer rapidamente e com grande rendimento sob altos níveis de estresse por metais pesados como Zn, Cd, Pb, Sb, As (Zhu et al., 2013). Atualmente é cultivada em áreas com altos níveis de antimônio (Sb) pelo que é considerada uma planta promissora para fins de biorremediação (Li-YUAN et al., 2016) devido à sua grande biomassa e sistema radicular (Sun et al., 2014).

O rami é amplamente cultivado em áreas de mineração de antimônio (Sb) na China, por esta razão Li-Yuan et al. (2016), avaliaram o efeito de 20, 40, 80 e 200 mg L⁻¹ de Sb no fotos sistema e no efeito antioxidante das enzimas da planta. As plantas não apresentaram alterações significativas no rendimento máximo do fotossistema II, (PSII). Com um aumento contínuo de MDA, as atividades de superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD) e CAT foram suprimidas com a adição de Sb até 40 mg L⁻¹. A adição de Sb a 80 e 200 mg L⁻¹ melhorou a produção enzimática. Uma diminuição contínua em SOD, POD e CAT até 40 mg L de Sb, e melhorias em ≥ 80 mg L⁻¹, com contínua atividade de MDA e produção de biomassa inibida, revelam claramente o papel destas enzimas na desintoxicação.

7. Relações hídricas

O rami tolera secas moderadas, e suas necessidades hídricas variam de 800 a 1000 mm ano⁻¹ (Pérez et al., 2013). O estresse hídrico reduz o rendimento da fibra de rami. Liu et al. (2005), avaliaram o efeito do estresse hídrico no rami semeado em vasos com solo. O teor de umidade no meio foi mantido em 55% da capacidade de retenção de água por 28 dias. Os cultivares avaliados exibiram tolerância à seca, e desenvolveram melhor seu sistema radicular com relação às plantas suscetíveis. Cultivares de rami tolerantes à seca tiveram pelos mais finos nas superfícies das folhas abaxiais, produziram cutículas mais grossas, a forma e ereção das folhas melhor preservadas e perderam menos folhas. Os genótipos de rami tolerantes à seca têm maior conteúdo relativo de água, potencial de água, estabilidade da membrana

celular sob estresse hídrico e acumulam mais prolina do que genótipos sensíveis à seca sob estresse hídrico de 12-14 dias (Liu et al., 2005).

A baixa umidade atmosférica e os ventos quentes e secos afetam a produção em peso seco nesta espécie (Pérez et al., 2013). Huang et al. (2013), demonstraram que o estresse hídrico progressivo causa uma diminuição substancial na eficiência quântica máxima da fotoquímica PSII (F_v/F_m), a eficiência quântica dos centros de reação abertos de PSII (F_v'/F_m'), o rendimento quântico de PSII (ϕ_{PSII}), a extinção fotoquímica (q_P) e a taxa de transporte de elétrons de PSII (ETR). As plantas de rami respondem à seca alterando os parâmetros fisiológicos e bioquímicos. Essas mudanças estão relacionadas com a intensidade e duração do estresse hídrico.

8. Solos, nutrição e micorrizas

Segundo Gómez e Rivera (1987), o rami é uma planta muito rústica e que se adapta bem a solos com certa quantidade de matéria orgânica e boa drenagem. Solos leves, profundos e férteis são os mais adequados. O rami cresce bem em solos levemente ácidos, com pH entre 5,5 e 6,5 com boa disponibilidade de nitrogênio (Freire et al., 1996). Os solos argilo-silicosos, leves e soltos são recomendados para a cultura. A terra roxa estruturada bem como o latossolo roxo e solos de aluvião, favorecem o pleno desenvolvimento das plantas de rami. Os solos mal drenados, compactados, arenosos, e com baixa capacidade de retenção de água não são indicados para o cultivo dessa planta (Bennati, 1985).

O rami é caracterizado por uma alta necessidade de nitrogênio e potássio (Di Bene et al., 2011). Estima-se que em três safras comerciais de 20 toneladas de massa verde por hectare e por safra, são retiradas do solo N ($210 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), Ca ($115 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), K ($50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), Mg ($35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e P ($10 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), segundo Fornazieri Junior (1991). Nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) são os principais nutrientes para o crescimento das plantas fibrosas, mas em excesso causam crescimento vegetativo excessivo, reduzindo assim a produtividade, desperdiçando insumos e causando poluição ambiental (Liu et al., 2012). Em um teste realizado por Huang et al. (2014), 20 kg ha^{-1} de N e 220 kg ha^{-1} foram aplicados em regime de sequeiro por 3 safras. O N elevado promoveu substancialmente o crescimento da planta do rami e levou a um aumento acentuado no rendimento da fibra em todas as cultivares durante as três estações de cultivo. Este aumento também foi registrado na fotossíntese líquida, taxa de transpiração e condutância estomática, bem como em clorofilas e carotenoides.

As relações de micorrizas com as raízes de rami são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Efeito da micorriza sobre os parâmetros fisiológicos e qualidade da fibra de rami.

Título	Experimento	Resultados	Referência
“Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated with a Sb Accumulator Plant, Ramie (<i>Boehmeria nivea</i>), in an Active Sb Mining”.	Colonização e diversidade molecular de AMF (Arbuscular Mycorrhizal Fungi) associada com rami (<i>Boehmeria nivea</i>) crescendo em solos contaminados com Sb foram investigadas. Foram selecionadas quatro remanescentes de minas de Sb e uma área de referência adjacente de Xikuangshan, sul da China. PCR-DGGE foi usado para analisar a composição das comunidades de AMF nas raízes do rami.	Os resultados obtidos mostraram que a simbiose micorrízica foi estabelecida com sucesso mesmo nos locais mais contaminados. Em todos os locais o número de esporos e a diversidade de AMF aumentaram inicialmente e depois diminuíram. Este estudo demonstrou que o rami associado ao AMF pode ter grande potencial para remediação de solos contaminados com Sb.	Wei et al. (2015).
“The biofertilizer’s effect on phytoremediation performance by using <i>Boehmeria nivea</i> L. Gaud on petroleum hydrocarbon contaminated soil”.	Um delineamento de blocos casualizados foi usado para avaliar o desempenho da fitorremediação. O tratamento consistiu de controle, bactérias fixadoras de nitrogênio, bactérias solubilizadoras de fosfato, fungos solubilizadores de fosfato, biofertilizantes micorrízicos e de consórcio e <i>Azotobacter</i> sp.	Os resultados da pesquisa mostraram que as bactérias <i>Acinetobacter</i> sp., <i>Pseudomonas cepacea</i> combinado com <i>Azotobacter</i> sp. foram capazes de aumentar as eficiências de biodegradação de hidrocarbonetos em mais de 80% e foram superiores ao tratamento controle, que foi de apenas 75,07 (%). A aplicação de <i>Pseudomonas cepacea</i> , <i>Penicillium</i> sp e <i>Pseudomonas cepacea</i> combinadas com <i>Azotobacter</i> sp. aumentaram a altura das plantas do rami.	Suryatmana et al. (2015).
“Analysis of bacterial and fungal communities in continuous-cropping ramie (<i>Boehmeria nivea</i> L. Gaud) fields in different areas in China”.	O objetivo deste estudo foi identificar bactérias e fungos associados à cultura de rami em Yuanjiang, Xianning, Sichuan e Jiangxi.	A análise revelou que a atividade da urease, pH, K disponível e N total foram significativamente correlacionados com a abundância da comunidade bacteriana. O N total foi significativamente correlacionado com a abundância da comunidade fúngica. Em geral, há um maior efeito dos fatores ambientais do solo de rami na diversidade bacteriana do que na diversidade fúngica.	Wang et al. (2020).

<p>“Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil properties jointly influence plant C, N, and P stoichiometry in West Lake, Hangzhou”.</p>	<p>Quatro comunidades de plantas emergentes dominantes em West Lake, Hangzhou foram escolhidas. As características de AMF, conteúdos de plantas de C, N e P e propriedades do solo foram investigadas.</p>	<p>Os resultados mostraram que tanto as taxas de infecção de AMF quanto o número de espécies de esporos de AMF aumentaram, sugerindo grande mutualismo entre AMF e rami. Uma correlação negativa significativa foi observada entre a presença de AMF e o conteúdo de N em folhas.</p>	<p>Yu et al. (2020).</p>
--	--	---	--------------------------

9. Fotossíntese e translocação

A seca é conhecida por ser um fator limitante muito importante para a produção de fibras, especialmente no contexto das mudanças climáticas globais. Em um experimento realizado por Huang et al. (2013), a resposta fisiológica do híbrido de rami a diferentes níveis de estresse hídrico foi investigada para avaliar a sua resistência à seca. O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob condições controladas, na China. O cultivar foi submetido a quatro níveis de porcentagem com relação à de umidade da capacidade de campo (75% -80%, 60% -65%, 45% -50% e 30% -35%), durante a fase de crescimento vigoroso em intervalos de 10, 15 e 20 dias. Posteriormente, foram avaliados a fluorescência da clorofila, o teor relativo de água e outras variáveis. O estresse hídrico progressivo causou uma diminuição substancial na eficiência quântica máxima da fotoquímica PSII (F_v / F_m), a eficiência quântica dos centros de reação abertos de PSII (F_v' / F_m'), o rendimento quântico de PSII (PSII), extinção fotoquímica (qP) e taxa de transporte de elétrons PSII (ETR), enquanto a extinção não fotoquímica (NPQ) mudou inversamente. No entanto, apesar dessas alterações no processo de fotossíntese, o híbrido de rami foi tolerante à seca.

Em plantas superiores, os produtos de assimilação fotossintética são transportados principalmente na forma de sacarose. A sacarose sintase e o transportador de sacarose, estão envolvidos no metabolismo da sacarose e na clivagem dos produtos fotossintéticos. Os transportadores de sacarose (SUT) desempenham um papel importante neste processo e intermediam a clivagem do carbono. Os genes para sacarose sintase 1 (SUS1) o transportador de sacarose 2 (SUT2) foram investigados em rami (GUO et al., 2018) o gene BnSUT2 foi descrito pela primeira vez, relacionado à importação de sacarose para os tecidos sumidouros em rami.

10. Floração e frutificação

O rami é geralmente monoico, com flores masculinas e femininas produzidas no mesmo caule. No entanto, plantas de rami que produzem apenas flores masculinas ou

femininas podem ser obtidas em condições ambientais específicas, ou através de vários tratamentos hormonais (Rehman et al., 2019). Cada uma das duas panículas surge das axilas das folhas, e as flores branco-esverdeadas estão dispostas em grupos fechados nos ramos das panículas. As flores femininas estão presentes nas partes superiores dos caules nas panículas axilares. Elas são unissexuais com cinco sépalas e sem pétalas. Têm ovários unicelulares, um sem semente, e um estilo esguio, mostrando pelos de um lado. As flores masculinas são encontradas abaixo, com quatro sépalas anexadas na base, estames e um ovário rudimentar. As sementes são menores em tamanho e são produzidas em grande número (Rehman et al., 2019). Seus frutos são ovais, pequenos e muito numerosos; e em um grama pode haver até 7.000 sementes, por serem muito pequenas (Pérez et al., 2013).

Os genes rami envolvidos na regulação da floração não foram identificados anteriormente. Em plantas modelos, como arroz e *Arabidopsis*, os genes CONSTANS (CO) e CONSTANS-like (COL) desempenham um papel fundamental na regulação da floração. Em um estudo realizado por Liu et al. (2015), seis genes de rami COL (BnCOL1 - BnCOL6) com um quadro de leitura aberta de comprimento total (ORF), foram identificados.

Nas baixas latitudes do sul da China, com dias mais curtos, a floração ocorre duas vezes por ano (durante abril e julho); em locais com latitudes mais altas e dias mais longos, floresce apenas uma vez por ano. Como consequência da floração precoce, o período de crescimento vegetativo (incluindo alongamento do caule) é inadequado, e esta é provavelmente uma das principais razões para o baixo rendimento em comparação com áreas de latitude alta e dias longos. Assim, a floração tem uma influência importante na adaptabilidade ecológica do rami (Liu et al., 2011).

11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Em geral, pode ser cultivado em climas tropicais e subtropicais. Graças à sua ampla adaptabilidade, pode ser cultivado com sucesso em um clima mediterrâneo (Di Bene et al., 2011). O rami é sensível à umidade do solo e pode crescer bem em solos franco-arenosos, porém, solos deficientes em cálcio e com baixa capacidade de troca de base não são adequados para o cultivo, de acordo com Rehman et al. (2019) (Tabela 2).

O rami se adapta a uma ampla gama de latitudes, desde condições quase equatoriais até cerca de 45°N de latitude, na Rússia. Em áreas temperadas, entre as latitudes 25° e 38° N ou S, o rami pode produzir de duas a três safras por ano. Em áreas subtropicais, entre 20° e 25° N ou S, quatro a cinco safras podem ser colhidas, geralmente com irrigação suplementar. É suscetível a temperaturas abaixo de 17°C, por isso cresce bem na faixa de 18 a 34°C (Pérez

et al., 2013). Em latitudes abaixo de 10°N ou S, é possível colher seis ou mais safras por ano, mas a irrigação deve ser fornecida por 2 a 3 meses quando houver chuva insuficiente (Roy; Lutfar, 2012).

A investigação da relação entre as condições ambientais prevalecentes na região de crescimento do rami e a produção de fibra, mostrou que altas temperaturas e chuvas são essenciais para uma alta produção de fibra (Liu et al., 2011). As condições favoráveis para seu desenvolvimento ocorrem em um clima subtropical ou temperado quente, com chuvas entre 1.500 e 2.000 mm bem distribuídos ao longo do ano; as temperaturas máxima e mínima estão na faixa de 28°C e 12°C, respectivamente. Não deve ser plantada onde ocorrem ventos fortes e constantes, pois fazem os caules quebrarem, culminando no seu emaranhamento; esse fato dificulta o corte e a trituração (Freire et al., 1996). Esta planta se adaptou muito bem à zona tropical da América Central e do Sul, principalmente em áreas com altitudes entre 200 e 1800 metros acima do nível do mar. e com temperaturas entre 17,5 a 28°C de acordo com Pérez et al., 2013 (Tabelas 2 e 3).

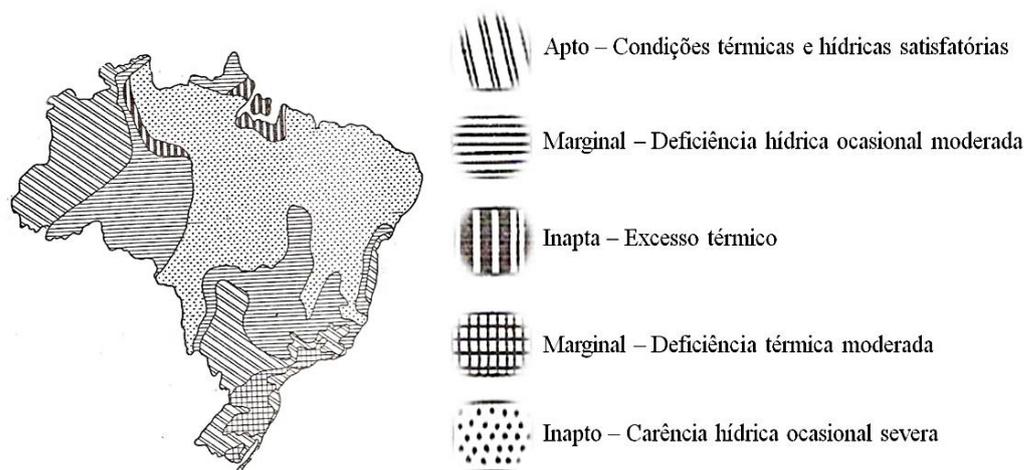
Tabela 2. Requerimentos agroclimáticos do rami (*Bohemeria nivea* L.) (Adaptado de: ECOcrop. <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>)

Item	Requerimento
Latitude	6 - 45°N e 9 - 38°S
Umidade	< 80%
Paisagem	Plano, não sujeito a inundações, bem como terrenos de declive suave, não sujeito a erosão
Altitude	200 y 1 800 msnm, melhor crescimento >1.300 nsm
Temperaturas médias diurnas	Suscetível < 17°C; tolera 10 - 34 °C; melhor crescimento 18 - 27 °C. Mínima ótima 12°C, máxima ótima 28°C
Precipitação média anual	Faixa 1.000 - 4.000mm; melhor crescimento 1.500 – (2000, 2.500 mm)
Textura	Solos arenosos, adapta -se a franca, franco-argiloso o franco-limo-argiloso
Drenagem	Bem drenado, intolerante a solos úmidos
pH	5.4 - 6.5, tolera 4.8 - 7.5
Matéria orgânica	Alta

Tabela 3. Relação altitude e temperatura para o rami (*Bohemeria nivea* L.).

Altitude (msnm)	Temperatura (°C)	Autor
1500-2000	12-28	Freire et al. (1996)
200-1800	17,5-28	Pérez et al. (2013)

De acordo com estudo realizado pelo Ministério do Planejamento e Coordenação Geral em 1969 (Benatti, 1985), a região Nordeste do Brasil é considerada inapta para o cultivo do rami, devido à carência hídrica ocasional severa. Porém, nesta região, as sub-regiões da Zona da Mata (litoral e brejo) e agreste, possuem distribuição pluviométrica que permite a exploração racional dessa cultura (Figura 3). A cultura do rami encontra limitações climáticas, o que consiste em um entrave para introdução da cultura no semiárido do país. O limite máximo para a cultura é 43° de latitude norte e de latitude sul sendo a cultura é propensa a danos quando cultivada em latitudes extremas (Benatti, 1985).

**Figura 3.** Aptidão climática para a cultura do rami no Brasil (Adaptado de Benatti, 1985).

12. Produção para ração animal

Segundo Pérez et al. (2013), a safra de rami utilizada para forragem obtém até 14 cortes por ano, com uma produção total de 300 toneladas de matéria fresca por hectare ao ano. O rami pode ser usado como fonte de ração para o gado quando seu teor de proteína aumento entre 45 e 60 dias após a semeadura do último corte. Segundo Pérez et al. (2013), a importância desta planta se dá por sua excelente produção de fibras e fonte de proteína para a produção animal, recomendando-se seu cultivo para esse fim. Estudos de Pérez et al. (2013),

mostram que o uso de rami fresco picado na alimentação de suínos, complementado com rações de milho fortificado, mostraram um ganho de peso diário de 303, 462 e 503 g nas fases de desmame, pré-engorda e engorda, respectivamente. Folhas de rami também são usadas para alimentar porcos (Ferrerosa, 2018; López et al., 2018), coelhos (Villa et al., 2016; Flórez et al., 2020), porquinhos-da-índia (Avila et al., 1984), pássaros (Burgos et al., 1982; Moran, 2010), entre outros (Tabela 4).

Tabela 4. Composição nutricional do rami *Boehmeria nivea* (L.) Gaud.

Edad de rebrote (días)	MS %	FDN %	FDA %	FB %	PB %	EE %	CENIZAS %
-	87,7	43,2	39,3	19,2	20,4	1,2	-
-	18,2	48,5	45,4	-	24,4	-	-
28	18,0	33,1	-	-	19,5	-	-
42	15,4	36,2	-	-	22,2	-	20,6
30-45	19,9	-	-	24,4	26,2	4,7	15,2
-	23,0	-	-	20,0	16,0	5,0	14,0
-	95,7	-	-	16,6	24,0	-	-
-	47,1	-	-	11,3	19,2	9,2	9,5
-	88,9	26,2	14,5	-	27,6	9,7	18,0

12.1 Qualidade da forragem

Em estudo realizado por Patiño et al. (2006), em Tucumán, México, foi possível colher forragens a cada 45, 60 e 75 dias, quando as plantas cresceram sob uma precipitação de 950 mm e temperatura média anual de 19,7 ° C. Os valores totais de material fresco variaram entre 96 ton ha⁻¹ e 121 ton ha⁻¹ quando a frequência de corte foi entre 45 e 75 dias respectivamente. A maior quantidade de matéria seca foi obtida nos cortes aos 75 dias. Também verificaram que o material com melhor qualidade nutricional e digestibilidade para bovinos foi o obtido nos cortes a cada 45 dias. Nesta fase, os brotos são menos fibrosos e, portanto, melhor aproveitados. A percentagem de matéria seca é incrementada à medida que aumenta a idade do rebento ou o intervalo de tempo entre cortes sucessivos. A qualidade nutricional das folhas diminui com o aumento da idade de rebrota, pois, a percentagem de proteína bruta e fibra em detergente neutro também diminui (Pérez et al., 2013). As folhas têm alto uso na alimentação animal (Buitrago-Guillen et al., 2020) como parte de rações balanceadas, apresentando na matéria seca 19,59% de proteína bruta, 12,98% de fibras,

43,10% de carboidratos, 5,23% de extrato etéreo, 19,10% de cinzas, 0,17% de fósforo, 0,038% de ferro, 6,24% de cálcio, e 0,59% de magnésio de acordo com Spoladore et al. (1984) (Tabela 5).

Tabela 5. Composição (%) de duas variedades de rami (Adaptado de Spoladore et al, 1984).

	Matéria seca	Composição de matéria seca							
		bruta	Nitrogênio		rúdeos	solúveis	etéreo		
			Protéico	Não-protéico					
Variedade Saikelseishin									
Folhas novas	31,53	24,60	2,98	0,11	40,24	16,65	6,80	11,94	4,32
Folhas velhas	30,14	17,20	2,69	0,14	42,65	15,18	6,51	13,74	6,41
Inflorescência	17,31	18,48	1,52	0,94	48,78	19,91	9,67	17,64	3,30
Variedade Miyasaki n.º 112									
Folhas novas	25,63	19,22	3,55	0,19	43,84	16,37	4,89	14,42	4,82
Folhas velhas	26,67	17,35	2,52	0,12	45,68	15,45	7,37	11,82	5,35
Inflorescência	17,88	17,20	0,49	0,99	50,30	17,43	9,33	17,00	3,50

13. Estratégias para altas produções

Nas Filipinas, um a dois cortes adicionais foram alcançados, aplicando 50 mm de água a cada 12 a 15 dias, durante o período de seca. Em Taiwan, além da irrigação por aspersão, a irrigação é realizada por infiltração, o que permite a obtenção de duas safras adicionais por ano, com aumento da produção de 76% a 98% (FREIRE et al., 1996). Zhang et al. (2005), relataram que a produção de rami em uma densidade de plantio de 120.000 plantas ha⁻¹ foi 40% maior do que em uma densidade de plantio de 36.000 plantas ha⁻¹. A Tabela 6 resume alguns artigos adicionais relacionados às práticas agrônômicas que tiveram efeito positivo na fisiologia da planta.

Tabela 6. Estratégias para altas produções.

Título	Experimento	Resultados	Referência
“The Effect of Fertilizers on the Growth and the Yield of Ramie (<i>Boehmeria nivea</i> L. Gaud)”.	Blocos casualizados com quatro tratamentos: 1) 10 toneladas de esterco de ovelha (25 kg N + 25 kg K); 2) 10 toneladas de esterco de ovelha (45 kg N + 45 kg K); 3) 20 toneladas de esterco de ovelha (25 kg N + 25 kg K); 4) 20 toneladas de esterco de ovelha (45 kg N + 45 kg K).	Maior crescimento, rendimento, melhor qualidade na fibra.	Subandi (2012).
“Effect of planting density and fertilizer application on fiber yield of ramie (<i>Boehmeria nivea</i>)”.	Os efeitos individuais e combinados da densidade da planta e da fertilização com N, P e K no rendimento e na qualidade da fibra foram avaliados por dois anos (2008-2009) no Vale do Rio Yangtze, na China.	Uma produtividade de 2.600 kg ha ⁻¹ foi obtida com uma densidade de 2.850-31.650 plantas ha ⁻¹ , e aplicando 363-387 kg ha ⁻¹ de N, 98,58-105,48 kg ha ⁻¹ de P e 280,20- 319, kg ha ⁻¹ de K.	Liu et al. (2012).
“Impact of Different Nitrogen and Potassium Application on Yield and Fiber Quality of Ramie (<i>Boehmeria nivea</i>)”.	Foi determinado o efeito de quatro níveis de nitrogênio (0, 70, 140 e 210 kg / ha) e três níveis de potássio (0, 75 e 150 kg / ha) na produção de fibra e na qualidade das plantas de rami.	O número de caules, a altura da planta e o rendimento aumentaram significativamente com as aplicações de nitrogênio e potássio. O nitrogênio aumentou significativamente a matéria seca e a formação de fibras nos caules das plantas.	Tatar et al. (2013).
“Yield components of forage ramie. (<i>Boehmeria nivea</i> L.) and their effects on yield”.	A taxa de crescimento, o número de nós, o comprimento dos nós, o número de caules, a altura da planta, a relação peso seco-fresco e o rendimento foram avaliados em 24 variedades de rami em Yuanjiang, China.	Constatou-se que os principais componentes do rendimento foram a taxa de crescimento, número de nós, comprimento dos nós, número de ramos e altura das plantas.	Xu et al. (2019).
“Effect of Spraying Betaine on Physiological Characters and Yield of Ramie under Drought Stress”.	O efeito da pulverização de betaína sob estresse hídrico no cultivo de rami Huazhu No. 5 foi estudado.	O rendimento do rami, especificamente o peso do caule fresco e o peso da fibra fresca, melhoraram em comparação ao controle.	He et al. (2005).

		A pulverização de betaína melhorou a resistência à seca do rami, reduzindo o teor de malondialdeído (MDA) das folhas, bem como melhorando a atividade da peroxidase (POD).	
--	--	--	--

14. Efeitos de reguladores vegetais

Os hormônios vegetais são uma variedade de compostos endógenos que desempenham um papel vital nas plantas (Liu et al., 2019). Eles geram várias categorias de sinais em concentrações extremamente baixas e desempenham papel importante no alongamento e divisão celular, diferenciação e apoptose (Bari; Jones 2009). Os hormônios vegetais são identificados em cinco classes principais: ácido abscísico (ABA), auxinas, citocininas (CKs), etileno (C₂-H₄) e giberelinas (GAs). Posteriormente, os brassinosteroides (BRs), os jasmonatos (JAs), o ácido salicílico (SA) e as estrigolactonas (SLs) também foram considerados hormônios vegetais (Davies, 2004). Esses hormônios vegetais atuam localmente ou são transportados do tecido de origem até os tecidos onde realizam suas atividades. Nesse processo, a interação específica entre hormônios vegetais e proteínas receptoras é crucial para a transdução de sinal (Hagihara et al., 2019). Sun et al. (2014) avaliaram o efeito dos mecanismos de ácido indolilacético (IAA), cinetina (KN) e espermidina (SPD) assistidos com etilenodiamina succínica (EDDS) em plantas de rami e o acúmulo de Cd e Pb. O crescimento ótimo do rami foi observado quando IAA 10 µM, KN 100 µM ou Spd 100 µM foram aplicados. Nas raízes, o Cd e o Pb distribuíram-se principalmente no apoplasto, e o EDDS, podem aumentar a quantidade de Cd e Pb nos simplastos. IAA, KN e Spd assistidos com EDDS podem melhorar o conteúdo de enzimas antioxidantes (SOD, POD e APX) e antioxidante não enzimático (GSH).

Liu et al. (2001) avaliaram o efeito de duas misturas de quatro reguladores vegetais no rendimento e na qualidade da fibra de rami: cloreto de cloro colina (CCC), giberelina (GA₃), benziladenina (6-BA) e NaHSO₃. Os tratamentos aumentaram o rendimento da fibra bruta em 13-18% e melhoraram a finura da fibra em 57-349 µg⁻¹, aumentaram o número de folhas por planta e melhoraram todos os componentes do rendimento, de acordo com Wang et al. (2014).

15. Senescência e uso de resíduos

Uma vez colhidas as hastes para o processo de trituração, as folhas retiradas são utilizadas para alimentação animal (Freire et al., 1996). Rami tem várias funções; é amplamente utilizado como alimento por sua proteína de 25% nos caules e folhas, como um medicamento fitoterápico anti-inflamatório, antibacteriano, diurese, hemostasia e proteção hepática (Huang et al., 2015; Lee et al., 2014). Como as folhas verdes do rami são conhecidas por serem ricas em nutrientes, como vitaminas, minerais e vários materiais bioativos, muitos estudos foram realizados examinando seu uso em chás e alimentos saudáveis (Lee et al., 2014). Nos resíduos de casca fina de rami, existem vários ingredientes, como 3% de nitrogênio, 1% de ácido lático, 17% de cal; portanto, têm sido usados como fertilizantes orgânicos (Lee et al., 2009).

Referências

AVILA, P.; MUEGUES, J.; ARARAT, J.E. Uso del ramio (*Boehmeria nivea*) en la producción de carne de curí (*Cavia porcellus*) en la zona cálida. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 34, n. 2, p. 60-66, 1984.

BARI, J.R.; JONES, J.D. Role of plant hormones in plant defense responses. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 69, p. 473-488, 2008.

BENATTI, J.R. **Rami**: planta têxtil e forrageira. São Paulo: Nobel, 1988. 76 p.

BUITRAGO-GUILLEN, M.E.; MELO, D.S.; NARVÁEZ-SOLARTE, W. *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich (Urticales: Urticaceae): alternativa forrajera para la alimentación animal sostenible. **Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural**, Caldas, v. 24, n. 2, p. 53-62, 2020.

BURGOS, C. et al. Nivel máximo y óptimo de consumo por aves en postura de la planta entera fresca y picada de ramio (*Boehmeria nivea* gaud) combinada con racion balanceada. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 32, n. 1-4, p. 75-83, 1982.

DAVIES, P.J. **Plant hormones**: biosynthesis, signal transduction, action. Dordrecht: Kluwer Academic, 2004.

DI BENE, C. et al. Changes in soil chemical parameters and organic matter balance after 13 years of ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.) cultivation in the Mediterranean region. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 35, n. 3, p. 154–163, Oct. 2011.

FERRAS, R. et al. Potencialidades, perspectivas e particularidades da cultura do rami para o semiárido. In: COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E.M. (Org.). **Oleaginosas e fibrosas cultivadas no nordeste brasileiro**. Campina Grande: EDUEPB, 2020. cap. 8, p. 359-408.

- FERREROSA, A. **Utilización del ramio en la alimentación de cerdos**. 2018. 35 p.
Disponível em:
<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/31067/28647_19358.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- FLÓREZ-DELGADO, D.F.; HIDALGO-ANGULO, D.F. Evaluación de un granulado de *Boehmeria nivea* y *Trichanthera gigantea* sobre los parámetros productivos en conejos en fase de ceba. **Mundo FESC**, San José de Cúcuta, v. 10, n. 19, p. 81-87, 2020.
- FORNAZIERI JUNIOR, A. **Rami**: uma urticácea de muitos predicados. São Paulo: Ícone, 1991. 79 p.
- FREIRE, E.C.; MEDEIROS, J.D.C.; ANDRADE, F.P. **Cultura do rami no agreste nordestino**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 1996. 24 p. (Circular Técnica, 22).
- GOMEZ, A.; RIVERA, H. **Descripción de malezas en plantaciones de café**. Cali: Cenicafé, 1987. 481 p.
- GUO, P. et al. Isolation and functional characterization of sucrose synthase 1 and sucrose transporter 2 promoters from ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaudich). **Gene**, Amsterdam, v. 685, p. 114-124, Feb. 2019.
- HAGIHARA, S. et al. Dissecting plant hormone signaling with synthetic molecules: perspective from the chemists. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 47, p. 32-37, Feb. 2019.
- HE, L.J. et al. Effect of spraying betaine on physiological characters and yield of ramie under drought stress. **Plant Fiber Sciences in China**, Beijing, v. 3, 2015.
- HUANG, C.J. et al. Alteration in chlorophyll fluorescence, lipid peroxidation and antioxidant enzymes activities in hybrid ramie (*'Boehmeria nivea'* L.) under drought stress. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 7, n. 5, p. 594-599, 2013.
- HUANG, C.J. et al. Effects of nitrogen on ramie (*Boehmeria nivea*) hybrid and its parents grown under field conditions. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 6, n. 12, p. 230, 2014.
- HUANG, C.J. et al. Responses of gas exchange, chlorophyll synthesis and ROS-scavenging systems to salinity stress in two ramie (*Boehmeria nivea* L.) cultivars. **Photosynthetica**, Dordrecht, v. 53, n. 3, p. 455-463, 2015.
- LEE, D.G. et al. Quantitative analysis of the flavonoid content in the leaves of *Boehmeria nivea* and related commercial products. **Natural Product Sciences**, Seoul, v. 21, n. 1, p. 66-70, 2015.
- LEE, S. et al. Various biological activities of ramie (*Boehmeria nivea*). **Journal of Applied Biological Chemistry**, Seoul, v. 57, n. 3, p. 279-286, 2014.
- LEE, Y.R. et al. Chemical composition and antioxidant activity of ramie leaf (*Boehmeria nivea* L.). **Food Science and Biotechnology**, Seoul, v. 18, n. 5, p. 1096-1099, 2009.

- LIU, F. et al. Effect of growth regulators on yield and fiber quality in ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.), China grass. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 69, n. 1, p. 41–46, 2001.
- LIU, F. et al. Morphological, anatomical, and physiological assessment of ramie [*Boehmeria Nivea* (L.) Gaud.] tolerance to soil drought. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 52, n. 5, p. 497-506, 2005.
- LIU, F.H. et al. Photo-temperature response of ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.) male sterile lines. **Agricultural Science**, Melbourne, v. 2, p. 111-116, 2011.
- LIU, T. et al. Analysis of climatic factors causing yield difference in ramie among different eco-regions of Yalley valley. **Agricultural Science & Technology**, Washington, v. 12, p. 745-750, 2011.
- LIU, T. et al. Identification of a Constans homologous gene with distinct diurnal expression patterns in varied photoperiods in ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud). **Gene**, Amsterdam, v. 560, n.1, p. 63-70, 2015.
- LIU, Y. et. al. Recent development in sample preparation techniques for plant hormone analysis. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, Amsterdam, v. 113, p. 224-233, Apr. 2019.
- LI-YUAN, C. et al. Growth, photosynthesis, and defense mechanism of antimony (Sb)-contaminated *Boehmeria nivea* L. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 23, p. 7470-748, 2016.
- LÓPEZ, A.; OSPINA, F.; OWEN, A.A.A. Determinación del consumo de ramio (*Boehmeria nivea*, Gaud) planta entera cortada a tres edades, por cerdos durante el levante y el desarrollo, en combinación con dos niveles de maíz molido. **Revista ICA**, Bogota, v. 19, n. 1, p. 101-110, mar. 1984. p. 101-110
- MORÁN ROBLES, J. **Evaluación del efecto de la harina de ramio en la alimentación avícola**. 2009. 121f. Tesis (Grado in Ingeniero Agropecuario) - Escuela Superior Politecnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil, 2009.
- PATIÑO, A.; SALAZAR, M.; LONDOÑO, J. **Caracterización de la producción de forrajes tropicales para la alimentación de conejos**. Quimbaya: Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Agroindustriales y Tecnología Agropecuaria. 56 p. (Informe Final de Proyecto).
- PÉREZ, A. et al. *Boehmeria nivea* (L.) Gaud. **Pastos y Forrajes**, Matanzas, v. 36, n. 4, p. 398-403, 2013.
- PÉREZ DEL AGUILA, D. **Obtención de harina de la hoja de ramio (*Boehmeria nivea*), para uso como alimento animal**. 2006. 77 f. Tesis (Grado in Ingeniero Agropecuario) - Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Tarapoto, 2006.
- RAMÍREZ, V. **Proyecto ramio en República Dominicana**. 2021. Disponible em: <<https://ramiodominicano.com/>>.

- REHMAN, M. et al. Ramie, a multipurpose crop: potential applications, constraints and improvement strategies. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 137, p. 300–307, 2019.
- ROY, S.; LUTFAR, L.B. Bast fibres: ramie. In: KOZŁOWSKI, R.M. (Ed.). **Handbook of natural fibres**. Amsterdam: Elsevier, 2012. chap. 4, p. 47-55.
- SHE, W. et al. Uptake and accumulation of heavy metal by ramie (*Boehmeria nivea*) growing on antimony mining area in Lengshuijiang City of Hunan Province. **Journal of Agro-Environment Science**, Tianjin, v. 29, p. 91–96, 2010.
- SHE, W. et al. Tolerance to cadmium in ramie (*Boehmeria nivea*) genotypes and its valuation indicators. **Acta Agronomica Sinica**, Beijing, v. 37, p. 348–353, 2011.
- SPOLADORE, D.S.; BENATTI JÚNIOR, R.; TEIXEIRA, J.P.F. Composição química das folhas e dimensões das fibras lenhosas em rami. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 1, p. 229-36, 1984.
- SUBANDI, M. The effect of fertilizers on the growth and the yield of ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud). **Asian Journal of Agriculture and Rural Development**, Karachi, v. 2, n. 2, p. 126-135, 2012.
- SUN, Z. et al. Effects of indole-3-acetic, kinetin and spermidine assisted with EDDS on metal accumulation and tolerance mechanisms in ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.). **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 71, p. 108-112, 2014.
- SURYATMANA, P. et al. The biofertilizer's effect on phytoremediation performance by using *Boehmeria nivea* L. Gaud on petroleum hydrocarbon contaminated soil. **Academic Journal of Science**, Cumberland, v. 8, n. 1, p. 31-42, 2018.
- TATAR, Ö.Z.G.Ü.R. et al. Impact of different nitrogen and potassium application on yield and fiber quality of ramie (*Boehmeria nivea*). **International Journal of Agriculture & Biology**, Faisalabad, v. 12, p. 369-372, 2010.
- VILLA-RAMÍREZ, R.; HURTADO-VILLEGAS, J. Evaluación del peso de conejos para carne alimentados con diferentes ensilajes. **Ciencia y Agricultura**, Tunja, v. 13, n. 2, p. 73-81, 2016.
- WANG, B. et al. *In vitro* plant regeneration from seedling-derived explants of ramie [*Boehmeria nivea* (L.) Gaud]. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, New York, v. 44, n. 2, p. 105-111, 2008.
- WANG, D. et al. Effect of exogenous nitric oxide on antioxidative system and S-nitrosylation in leaves of *Boehmeria nivea* (L.) Gaud under cadmium stress. **Environmental Science and Pollution Research**, Berlin, v. 22, n. 5, p. 3489–3497, 2014.
- WANG, Y. et al. Analysis of bacterial and fungal communities in continuous-cropping ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud) fields in different areas in China. **Scientific Reports**, Tokyo, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2020.

WEI, Y. et al. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with a sb accumulator plant, ramie (*Boehmeria nivea*), in an active Sb mining. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, Seoul, v. 25, n. 8, p. 1205-1215, 2015.

XU, Y. et al. Yield components of forage ramie (*Boehmeria nivea* L.) and their effects on yield. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 66, n. 7, p. 1601-1613, 2019.

YU, M. et al. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and soil properties jointly influence plant C, N, and P stoichiometry in West Lake, Hangzhou. **RSC Advances**, Cambridge, v. 10, n. 65, p.39943-39953, 2020.

ZHANG, L.Y.; HE, C. Q.; CHEN, W.; CUI, L.L. Preliminary analysis on the effect of planting density on ramie yield. **Plant Fibers and Products**, Changsha, v. 27, p. 16-17, 2005.

ZHU, D.Y. et al. Accumulation and subcellular distribution of cadmium in ramie (*Boehmeria nivea* L. Gaud.) planted on elevated soil cadmium contents. **Plant, Soil and Environment**, Prague, v. 59, n. 2, p. 57–61, 2013.

SISAL



SISAL (*Agave sisalana*)

Isabella Tavares de Oliveira Silva

1. Origem e distribuição geográfica

Na comunidade científica, *Agave sisalana*, Perrine é amplamente conhecido pelo nome de Agave ou Sisal. Acredita-se que o gênero *Agave* tem como centro natural de dispersão, a região geográfica compreendida entre o sudoeste dos Estados Unidos, México, América Central, Antilhas e Norte da América do Sul (Medina, 1954). Sendo a península de Yucatan o local mais preciso de sua origem (Alves; Santiago; Lima, 2005; Medina, 1954; Sharma; Varshney, 2012), trazido para o Brasil por volta de 1903, sendo amplamente distribuído nas regiões do Nordeste do Brasil (Suinaga et al., 2006).

Segundo Sousa (1987), o primeiro lote de mudas de sisal do século passado foi enviado ao Brasil pelo Dr. Herry Perrine, cônsul norte-americano no México, fato a priori do nome científico da espécie: Perrine. Foi plantado em terras do sul do Brasil, e posteriormente direcionado para solo fértil no clima árido do nordeste brasileiro. Segundo a pesquisa de Sánchez (1993), das 310 espécies existentes no continente americano, 272 foram encontradas

no México, por isso é considerado o país de origem deste vegetal. Os primeiros indícios de cultivo dessa espécie datam, aproximadamente, de 6.500 – 5.000 a.C, segundo os arqueólogos.

A palavra agave se originou da expressão grega “agaus”, significando magnífico, o qual, através da sua beleza e rusticidade, também é muito utilizado como planta ornamental. De todas as espécies cultivadas, as que mais se destacaram comercialmente foram o *Agave sisalana* Perrine, popularmente conhecido como “sisal”, e o *Agave fourcroydes* Lamaire, conhecido como henequém.

O seu principal emprego, porém, reside no aproveitamento integral das fibras estruturais contidas nas suas folhas, de ampla utilização na indústria de cordoalha. Suas propriedades são conhecidas desde as épocas mais remotas pelos primitivos habitantes do México, que não só se utilizavam de suas preciosas fibras para fabricação de diversos utensílios como: redes, tapetes, cordas, etc., assim como fonte natural de alimentos; dada a sua facilidade de aclimação, foi levado do México para diversas partes do mundo, passando a ser comercialmente cultivado. A extração de seiva para a fabricação de bebidas alcoólicas também era uma técnica bastante antiga entre esses povos, que fermentados através da seiva do agave originam, por exemplo, a tequila que é muito apreciada no México, e também exportada para vários países.

2. Mercado nacional e internacional

Atualmente, os maiores produtores mundiais do sisal são a Tanzânia, Quênia, Uganda, Moçambique, Angola, México e o Brasil, que além de maior produtor, se consolida como principal exportador mundial de sisal. Estima-se que 80% da produção brasileira é direcionada ao mercado externo (Naves, 2016). No país, a planta é cultivada predominantemente na região Semiárida (Batista et al., 2010), merecendo destaque o estado da Bahia, responsável por 95,8% da área cultivada no território brasileiro, os 4,2% restantes estão localizados na Paraíba (3,5%), Ceará (0,4%) e Rio Grande do Norte (0,3%) (Naves, 2013).

O Brasil é líder no mercado internacional ao responder por 61% da produção mundial estimada em 314,7 mil toneladas, e por 59% das exportações da fibra em 2004. O estado da Bahia concentra 95% da produção brasileira, de 214,4 mil toneladas em 2005 (Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA, 2005). A atividade sisaleira na Bahia contribui para a renda de cerca de 700 mil pessoas, que cultivam, em mais de 50 municípios baianos, 193 mil hectares com a cultura do sisal, por se tratar de um produto de exportação que gera

valores de 80 milhões de dólares (Silva et al., 2008). Sua distribuição engloba principalmente o Centro Norte Baiano (113.042 ha), Nordeste Baiano (78.097 ha), e por fim o Centro Sul Baiano (2.138 ha) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2017).

Na Bahia, os municípios produtores de sisal mais importantes são: Cuité, Queimadas, Santa Luz, São Domingos, Valente, Piemonte da Chapada e Diamantina, dentre outros. São praticamente 39 municípios, cuja atividade envolve aproximadamente 800 mil pessoas (Paula et al., 2021). Portanto, o sisal, em determinadas regiões semiáridas de baixas aptidões, tem se tornado muito mais importante do ponto de vista social do que econômico.

3. Classificação botânica

Integrante da família Agavaceae, *Agave sisalana* Perrine, é endêmico da América, por se verificar distribuído em diversos habitats desde a Bolívia até o sul do Canadá, incluindo as ilhas do Caribe (Mendoza, 2004). Formada por monocotiledôneas perenes, na maioria das bulbosas, tal família inclui cerca de 50 gêneros e 870 espécies. A maioria das plantas dessa família apresenta um órgão de armazenamento que acumula reservas nutritivas, fato que favorece seu cultivo em áreas de baixa pluviosidade (Machado, 2011), por ser uma planta semi-xerófila, ou seja, necessitam de clima quente e grande luminosidade.

São adaptadas a regiões semi-áridas por serem altamente resistentes a estiagens prolongadas, apresentando estruturas peculiares de defesa contra as condições de aridez: folhas carnosas, número reduzido de estômatos e epiderme fortemente cutinizada (Silva, 1999; CNA, 2004). Adaptam-se facilmente aos espaços áridos do território nordestino. Esta família é definida citologicamente com 5 cromossomos longos e vinte e quatro pequenos, e sua classificação taxonômica é a seguinte:

Reino	Plantae
Divisão	Antophyta
Classe	Liliopsida
Subclasse	Liliidae
Ordem	Liliales
Família	Agavaceae
Subfamília	Agavoideae
Gênero	<i>Agave</i>
Subgênero	<i>Agave</i>
Espécie	<i>Agave sisalana</i>

Por sua ampla diversidade, a família Agavaceae está integrada por oito gêneros, entre os quais se encontra o gênero *Agave* (García-Mendoza, 2007). O gênero *Agave* faz parte da família de plantas *agavaceas* ou *agavaceae* (por seu nome científico) e pertence à classe das monocotiledôneas. Ainda não há um consenso sobre a sua delimitação taxonômica, no entanto, os especialistas listam em mais de 200 espécies que fazem parte desse gênero, entre as quais se encontra o *Agave sisalana*. A distribuição em grupos para ambos os subgêneros, proposta por Gentry (1982) está inscrita na Tabela 1.

Tabela 1. Relação de gênero *Agave*, subgêneros, espécies e exemplos (Adaptado de Valenzuela, 2003).

Subgêneros	Grupo ou seção	Nº de espécies	Exemplos
<i>Littaea</i>	<i>Amolae</i>	8	<i>Agave vilmoriniana</i> Berger (presente em Jalisco)
	<i>Choritepalae</i>	3	<i>Agave guiengola</i> (enémica Oax.)
	<i>Filiferae</i>	8	<i>Agave schidigera</i> (presente em Jalisco)
	<i>Marginatae</i>	21	<i>Agave victoriae-reginae</i> T. Moore
	<i>Parviflorae</i>	4	<i>Agave schottii</i> Engelm (N. de México)
	<i>Polycephalae</i>	5	<i>Agave celsii</i> Hook (Hidalgo)
	<i>Striatae</i>	3	<i>Agave stricta</i> Zucc (Puebla)
	<i>Urceolatae</i>	2	<i>Agave utahensis</i> Engelm (E. U. A.)
<i>Agave</i>	<i>Americanae</i>	6	<i>Agave americana</i> (amplamente distribuído)
	<i>Campaniflorae</i>	3	<i>Agave promontorio</i> Trel. (Baixo Califórnia)
	<i>Crenatea</i>	6	<i>Agave inaequidens</i> (Jal. Mezcal “raicilla”)
	<i>Deserticolae</i>	10	<i>Agave avellanidens</i> (E.U.A.) e N. de México)
	<i>Ditepalae</i>	10	<i>Agave durangensis</i> (Dgo. Mescal)
	<i>Hiemiflorae</i>	12	<i>Agave potatorum</i> (Oax. para mescal)
	<i>Marmoratae</i>	4	<i>Agave marmorata</i> (Oax. algumas vezes para mescal)
	<i>Parrynae</i>	6	<i>Agave guadalajara</i> (Jal.)
	<i>Rigidae</i>	12	<i>Agave tequilana</i> ; <i>Agave fourcroydes</i> , <i>Agave angustifolia</i>
	<i>Salminae</i>	5	<i>Agave salmiana</i> , <i>Agave mapisaga</i> (aguamieleros, pulqueros)
	<i>Sisalanae</i>	6	<i>Agave sisalana</i> (Henequén verde)
	<i>Umbelliflorae</i>	2	<i>Agave sebastiana</i> (Somente em baixo Califórnia)

De todas as espécies cultivadas no mundo, apenas o *Agave sisalana* Perrine e o *Agave fourcroydes* Lamare se destacam comercialmente para a produção de fibras. A primeira, conhecida vulgarmente como agave ou sisal, é quase a única espécie cultivada no Brasil, e a mais produzida no mundo (Paula et al., 2021). A segunda, conhecida como agave bravo, sisal branco, cabinho ou henequém, tem como maior produtor o México.

O gênero *Agave*, segundo o seu tipo de inflorescência, se divide em dois subgêneros. Existe um subgênero *Agave* que tem uma inflorescência em panícula, na qual se encontram as espécies de importância econômica, como *Agave sisalana*, *Agave americana*, *Agave tequilana*, *Agave fourcroydes* e *Agave angustifolia*, e o outro subgênero *Littaea* que apresenta inflorescência em forma de espiga (Figura 1). O gênero *Agave* se divide nos subgêneros: *Agave*, com inflorescência em panícula ou umbela, e *Littaea*, a inflorescência é em forma de espiga ou racemosa, sendo que atualmente, foram reconhecidas 136 espécies, 26 subespécies, 29 variedades.

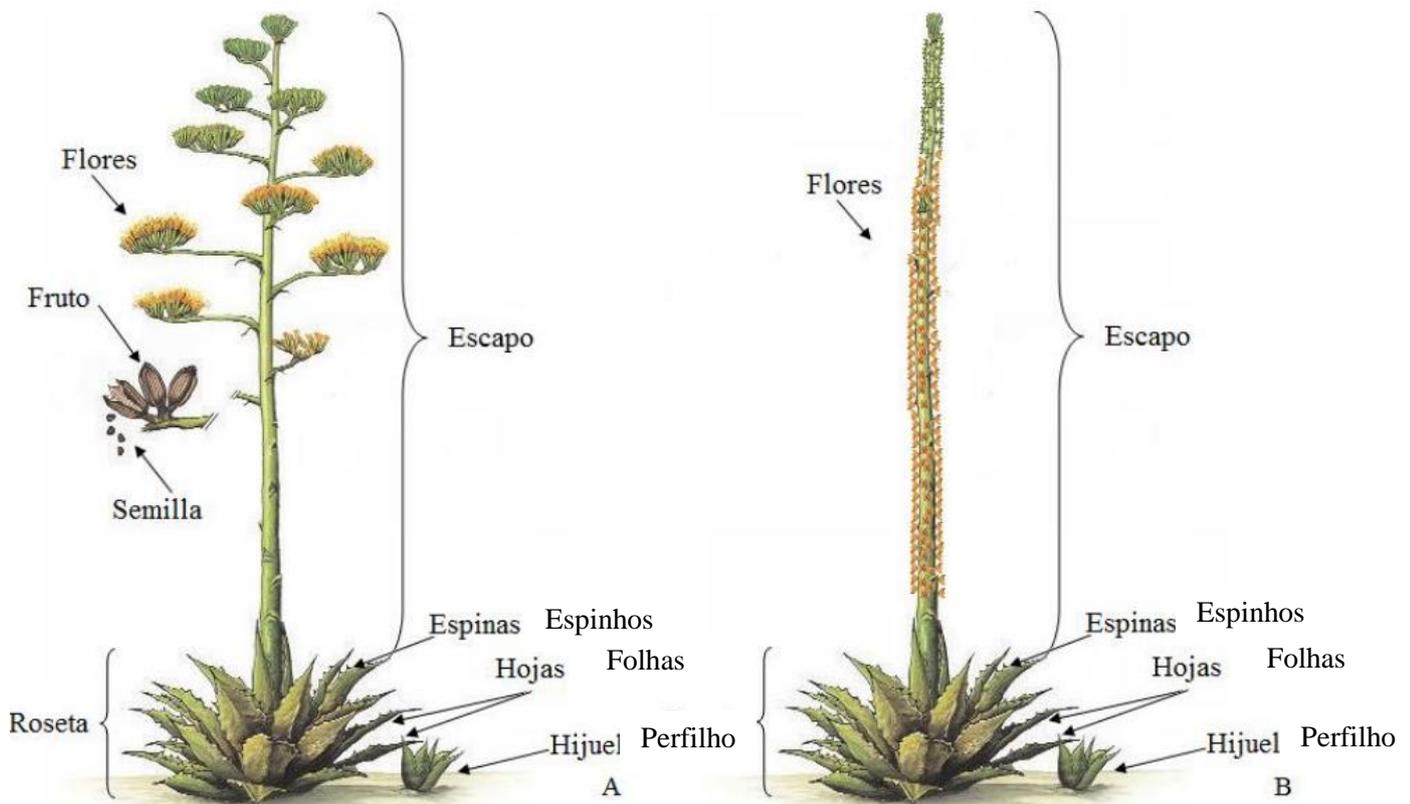


Figura 1. Destaque dos dois tipos de inflorescência: A) Panícula (gênero *Agave*) e B) forma espigada (gênero *Littaea*) (Adaptado de Irish e Irish, 2000).

4. Anatomia e morfologia

O sisal é uma planta de folhas duras e lisas, de cor verde brilhante, em forma de espada, com 10 a 15 cm de comprimento e 1 a 2 m de largura. A extremidade da folha possui um espinho marrom redondo de 20 a 25 cm de comprimento. Cada planta pode desenvolver de 10 a 40 folhas por ano. Essas folhas possuem inclinações diferentes em relação ao eixo vertical da planta (Pinto, 1969). Sua altura varia de 1,7 a 2,0 m, 7 a 10 dm de largura, com folhas carnudas, e pequenos rizomas, rosetas grandes e abertas, estendendo-se radialmente, com 80-100 folhas compostas na maturidade (Figura 2).



Figura 2. Planta do *Agave sisalana* com quase 2 m de altura (Adaptado de De Paula et al., 2021).

Agave é uma planta perene, em que suas folhas geralmente assumem a forma de uma roseta. Por ser uma planta monocárpica, ela floresce apenas uma vez no ciclo e depois morre. Por outro lado, o *Agave sisalana* é uma das quase 300 espécies de agave conhecidas no mundo, das quais 75% das plantas são cultivadas no México, reproduzidas principalmente por botões (chamados de “hijuelos” em espanhol), e são retirados do agave mexicano, quando atingem uma altura de 30 a 40 cm (Paula et al., 2021).

5. Germinação e propagação vegetativa

Devido à sua morfologia, reprodução e adaptabilidade ecológica, plasticidade genética, tolerância ecológica, capacidade de dispersão, germinação de sementes e interação biológica com outros organismos (como polinizadores), o *Agave sisalana* é considerado uma espécie de sucesso (León et al., 2013). É importante destacar que o sisal floresce apenas uma vez, e a polinização geralmente é realizada por insetos, porém a desvantagem da polinização aberta é que apresentam espinhos nas bordas das folhas (Salgado et al., 1979).

Quando há a decapitação do pendão, seguido da morte dos ramos floridos, o processo de propagação sexual só se consegue de maneira artificial (Medina, 1954). Embora a reprodução assexuada seja mais comum e ocorra por meio de brotos jovens ou bulbos (propágulos). Os últimos são pequenas plantas que se desenvolvem dos pendões florais, após

a queda das flores. Os rebentos são mudas originadas do rizoma da planta-matriz, ligadas a esta através de estolões (Abreu, 2010; Santos et al., 2011).

Ambos são geneticamente semelhantes à planta matriz original, o que constitui uma desvantagem, do ponto de vista do melhoramento, não possuindo variabilidade e assim aumentando a probabilidade de uma doença dizimar a população, em função da estreita base genética da cultura (Salgado et al., 1996). Por este motivo, há a necessidade de estudos em relação ao melhoramento das plantas de sisal sendo que pouco se destacaram novos cultivares ou híbridos.

6. Desenvolvimento das raízes

A planta apresenta uma raiz primária e perene, formada pelo desenvolvimento de uma radícula de bulbos ou rebentos; e uma raiz secundária, cuja forma fasciculada atinge uma distância que pode variar de 1,5 a 3,0 m da planta e invade a terra lateralmente, o que dificulta a erosão, quando cultivada em terreno declivoso (Figura 3). Essas raízes são responsáveis pela fixação da planta ao solo e, quando livres, isto é, sem competição lateral, a distância pode atingir até cinco metros (Paula et al., 2021). É por esta razão que seu diâmetro é de 2-4 mm e são ramificadas, para que a planta possa suportar o peso das folhas e do escapo floral.



Figura 3. Detalhe do rebento de agave com sua raiz descoberta (Adaptado de Tarcísio Marcos de Souza Gondim).

A maioria das raízes concentra-se na profundidade de 10 a 25 cm da superfície do solo e elas têm as funções de fixar e sustentar a planta, e dar origem às raízes alimentadoras, cuja função é absorver água e nutrientes da solução do solo. Estas são de pequeno diâmetro (1 a 2

mm) e, dependendo das condições de fertilidade do solo, desenvolvem-se em grande número; com o tempo, também se suberizam e aumentam de tamanho (Silva et al., 2008).

7. Desenvolvimento do talo

A planta do sisal não tem caule, isto é, é acaulescente (pouco desenvolvido) e de forma cilíndrica, mas em seu lugar há um tronco rizomatoso ou eixo principal, sobre o qual se acham inseridas as folhas e o broto terminal (Figura 4). Em uma planta adulta madura, o pseudocaule do *Agave sisalana* pode atingir 120 cm de comprimento e o diâmetro chega a alcançar o máximo de 20 cm em plantas com dois anos de idade. Depois desta fase, em especial quando as plantas são regularmente cortadas, o tronco deixa de crescer em diâmetro, uma vez que todo o crescimento da planta passa a ser apical.



Figura 4. Destaque do tronco do agave após o corte de folhas (Adaptado de De Paula et al., 2021).

Por outro lado, o tronco apresenta ampla propagação por brotos rizomatosos (rebentos) e é coberto por uma casca dura lignificada de aproximadamente, 3 mm de espessura, que serve para dar sustentação e fixação às folhas, além de servir como órgão de armazenamento. O interior do pseudocaule é composto por tecido de consistência dura, semelhante à madeira. Na parte média superior do caule, encontram-se tecidos menos fibrosos, de coloração esbranquiçada, enrugados e suculentos e, logo acima, localiza-se o meristema principal ou

superfície de crescimento, que é o ponto de origem das folhas, constituídas de pequenas células de alto poder reprodutivo (Silva et al., 2008).

8. Desenvolvimento das folhas

A folha do sisal possui um formato linear lanceolada, destituída de pecíolo (sésstil, ligada diretamente ao tronco), rígida, de cor verde escuro e comprimento variando entre 120 e 160 cm, com 10 a 15 cm de largura na sua parte média. A superfície é côncava, desprovida de espinhos nas bordas, possuindo um único acúleo de 2 cm na extremidade da folha (Figura 5).



Figura 5. Espinho terminal da folha do *Agave sisalana* Perrine (Adaptado de Vincent Bouillet).

A inserção da folha no pseudocaule ocorre em forma de espiral, ascendente, formando rosetas; as mais jovens são verticais, mas, à medida que amadurecem, amplia-se o ângulo de sua inserção no caule até as folhas inferiores, que são horizontais.

Uma planta de *A. sisalana* desenvolve entre 200 e 250 folhas durante todo o ciclo, com peso médio entre 400 e 700 g. É possível realizar o primeiro corte aproximadamente aos 36 meses após o plantio, podendo-se colher de 50 a 60 folhas, das quais 30 a 40% são curtas e impróprias para a cordoaria. Nas colheitas seguintes, são retiradas cerca de 30 folhas, o ciclo da planta dura em média 8 a 12 anos. A epiderme da folha é composta por uma cutícula

cerosa, que repele a água facilmente; nesta camada, encontram-se numerosos estômatos distribuídos de maneira contínua, realizando as trocas gasosas. Esses estômatos estão profundamente submersos e distribuídos sobre as superfícies abaxial e adaxial, e são providos das células guarda, que se acham envolvidas no mecanismo de abertura e fechamento dessas importantes estruturas foliares.

9. Desenvolvimento dos rizomas

Os rizomas são talos subterrâneos com diâmetros que variam entre 1,5 a 3,0 cm que crescem geralmente em um plano horizontal, paralelo à superfície do terreno na profundidade de 5 a 15 cm. Com a diferença das raízes, os rizomas possuem gemas na face superior de onde se originam folhas e partes aéreas que formam uma nova planta e pela face inferior geram raízes adventícias.

A cada ano os rizomas emitem gemas que originam novos órgãos aéreos, com isso, a propagação por rizomas é a mais utilizada em agaves, não só porque mantém as características genéticas da planta matriz, mas também graças ao desenvolvimento das plantas ser mais rápido e vigoroso do que dos bulbilhos. Quando se trata de planta matriz jovem, os rizomas se estendem radialmente e têm diferentes comprimentos, o que ajuda a dispersão dos rebentos, enquanto que em plantas adultas de cinco anos, os rizomas são curtos e os rebentos nascem sombreados pela própria planta matriz. Os rebentos de plantas velhas são geralmente deformados (disformes), devido a pouca luz que recebem ao crescer na base da planta matriz (Valenzuela, 2003). Recomendam-se, para o plantio, rebentos com 40 a 50 cm de altura e com 12 a 15 folhas (Figura 6).



Figura 6. Rebentos de *Agave sisalana*. (Adaptado de Vicente Paula Queiroga).

Uma planta-matriz poderá produzir de 5 a 10 rizomas, no caso do sisal comum ou *Agave sisalana*, mas existem outros cultivares, como o Híbrido 11648, que pode emitir entre 30 e 50 rizomas.

10. Desenvolvimento das fibras

Internamente, as folhas são formadas por um tecido composto de células palissádicas; encontra-se o parênquima logo abaixo, que é um tecido esponjoso, com as fibras. Cada folha contém de 1.000 a 1.200 fios de fibra. As fibras "mecânicas", denominadas comerciais, constituem-se 75% do total das fibras da folha e concentram-se principalmente em três ou quatro fileiras da zona periférica, abaixo da epiderme; essas fibras são as responsáveis pela manutenção da rigidez da folha. As fibras "curtas" se encontram na parte média dos tecidos da folha e estão associadas aos tecidos condutores.

Geralmente as fibras curtas são perdidas no processo atual de desfibramento, enquanto algumas fibras "mecânicas", que possuem entre 45 e 50 fios, localizadas na camada média da folha, se unem e lignificam para formarem o acúleo terminal da folha. Os fios das fibras são formados por células fusiformes, fortemente compactadas, apresentando paredes grossas e lúmen pequeno arredondado (Silva et al., 2008; Figura 7).

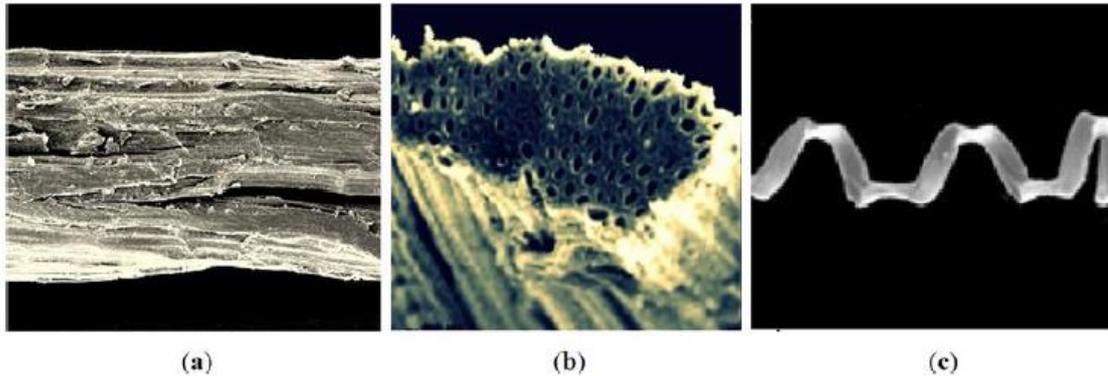


Figura 7. (a) Vista longitudinal da fibra; (b) vista em corte transversal da fibra; (c) fibra elementar única. Fotos: (Adaptado de Ashish Hulle; Pradyumkumar Kadole; Pooja Katkar, 2015).

11. Inflorescência

Na fase de floração, entre o 5º e o 8º ano do plantio, a planta emite no meio das folhas (ou roseta) uma inflorescência denominada tecnicamente de escapo floral ou, popularmente, “poste” ou “pendão de agave” (Figura 8).



Figura 8. Escapo floral do agave Híbrido 11648 (Adaptado de Vicente Paula Queiroga).

No sisal, a inflorescência é uma grande panícula de formato variável, em que, nesses estádios, são produzidas flores, frutos e sementes, ou apenas bulbilhos (Lock, 1962). Depois que emerge, o crescimento do escapo é muito rápido e pode atingir cerca de 10-12 cm por dia;

em seu estágio inicial, apresenta coloração verde, com flores de aparência cerosa, que suportam as brácteas de tonalidade cinzento-purpurina, chegando a 15 cm de diâmetro na base quando plenamente desenvolvido o escapo floral (Figura 9).



Figura 9. *Agave sisalana* com sua inflorescência paniculada com 6-8 m de altura. (Adaptado de Pimentel et al., 2006).

Durante o processo de floração, as folhas vão secando à medida que as sementes amadurecem, pois aproveitam os nutrientes acumulados. A polinização das plantas de agave é realizada com a intervenção de várias espécies de aves, roedores e insetos que, em busca de alimento, são atraídos pelo néctar e pela cor das flores. Entre os polinizadores estão os beija-flores, abelhas, vespas, periquitos, morcegos e roedores com hábito de escalada (GENTRY, 1982).

12. Flor

A flor é hermafrodita, sendo encontrada agrupada em cachos situados no final de cada ramo da panícula (Figura 10), possuindo seis estames cada flor que se apresentam na base da corola, sendo os estames constituídos por anteras trilobadas. O gineceu sustenta um estigma trilobado, com ovário ínfero trilobado. As flores com 6-7,5 cm de comprimento, hipocrateriformes, amarelo-esverdeadas; pétalas com 2,5-3,5 cm de comprimento, oblongas, grossas, tubo do perigonio com 1-1,5 cm de comprimento, ovário com 2,5-3 cm de

comprimento, estames com filamentos de 5,5 a 8,0 cm de comprimento, inseridos na parte central do tubo (Paula et al., 2021).



Figura 10. Panícula com flores tubulares (não abertas) e flores amarelas acinzentadas (*Agave sisalana* Perrine) (Adaptado de J. M. Garg, 2009).

Durante o florescimento são encontradas flores em todos os estádios na planta de sisal (Figura 11). O florescimento em cada ramo pode ser completado em uma semana, porém a panícula inteira pode requerer diversas semanas.



Figura 11. Floração do agave (Adaptado de Gertsberg, 2012).

12. Frutos e sementes

Os estádios iniciais de floração são representados a partir da flor, originando o fruto de cor verde e consistência carnosa, secando ao final e assumindo a forma de uma cápsula lenhosa, trilocular, alongada e ovoide, ocasionalmente com terminação pontiaguda (Figura 12). Essa cápsula tem, internamente, três lóculos, nos quais as sementes se distribuem em duas colunas por lóculo; o fruto amadurece cerca de seis meses depois que a flor é polinizada.



Figura 12. Detalhe das sementes no fruto do agave (Adaptado de CONABIO, Téllez Valdés, O. e Reynoso-Santos, R.).

As cápsulas variam em tamanho (3,0 cm de comprimento por 2,0 cm de largura e sementes com 6-7 mm, na direção do seu maior comprimento), espessura das paredes e pericarpo, bem como em seu grau de suculência. Em cada cápsula podem se desenvolver dezenas de sementes, sendo de coloração branca quando em estado imaturo e preto quando alcançam a maturação fisiológica (Figura 13). As sementes são liberadas e dispersadas gradualmente pelas rachaduras das cápsulas já secas, quando são sacudidas por animais ou pelo vento.



Figura 13. Frutos triloculares do *Agave americana* com as sementes viáveis (pretas) e as sementes não viáveis (brancas), (Adaptado de Tarcísio Marcos de Souza Gondim).

13. Fenologia

Os agaves são plantas perenes que alcançam seu ciclo produtivo entre 8 a 12 anos, e apresentam características das plantas xerófitas; sua anatomia e metabolismo estão adaptados para utilizar eficientemente a água e, portanto, estão capacitadas para viver em condições áridas e semiáridas (Silva et al., 1999).

Segundo Paula et al. (2021), o ciclo fenológico do *Agave sisalana* pode ser dividido em 5 fases principais, as quais estão ilustradas na Figura 14 e são descritas tais como: (0) Plantio no seco e estabelecimento da muda no início das chuvas, sendo um mês para emissão das raízes adventícias apenas utilizando a umidade do rebento; (1-2) Desenvolvimento inicial da planta, desde o brotamento até a fase inicial da colheita. Geralmente ocorre no período de 3 a 4 anos, dependendo das condições edafoclimáticas da região; (3) A planta alcança a maturidade, apta ao primeiro corte das folhas, com o tronco bem desenvolvido nessa fase e folhas de tamanho superior a 1 m; (4) Estágio de produção plena, podendo manter, por período de 8 a 10 anos, o ciclo produtivo das folhas. Em condições normais de chuva, a colheita é realizada uma vez ao ano, com um intervalo de 12 meses para o desenvolvimento das folhas; e (5). Tem início a senescência da planta, com a emissão do escapo floral (pendão), com sua respectiva inflorescência. Nesta fase, a produtividade é reduzida pelo menor número de folhas e pela redução de tamanho das mesmas.

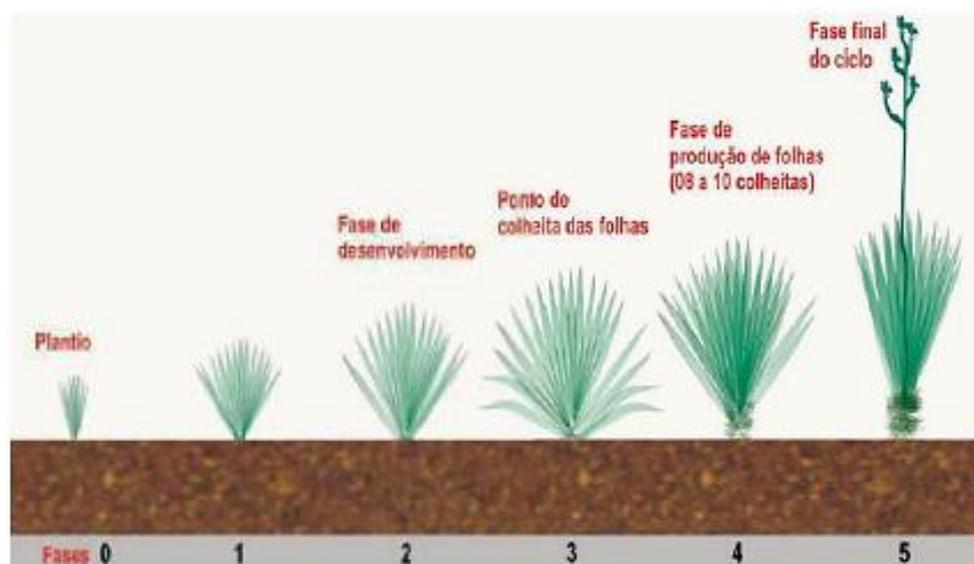


Figura 14. Ciclo de desenvolvimento e produção do sisal, (Adaptado do livro “O agronegócio do Sisal no Brasil” EMBRAPA-CNPA, 1999).

14. Relações hídricas

Outra contribuição da pesquisa do *Agave sisalana* e sua estreita relação com os serviços ecossistêmicos é o uso dessa espécie vegetal para resolver problemas ambientais, tendo sido reconhecido que o mesmo se adapta a condições climáticas desfavoráveis, suportando períodos de estresse hídrico. Além disso, agave pode ser usado para neutralizar a desertificação e a erosão do solo, assim como sua utilização para fixar nutrientes, sustentabilidade nos ecossistemas e adaptação às mudanças climáticas da área rural e serrana.

Em relação à sua necessidade hídrica, percebe-se que o sisal é uma planta bastante resistente às secas (Dias et al., 2015), possuindo adaptação à região semiárida do Brasil. Praticamente não se modificou o modo de produção do sisal (Machado, 2006), em que são raros os casos onde é possível identificar algum tipo de irrigação. Apesar da pouca necessidade de água no cultivo, após o desfibramento de suas folhas, as fibras do sisal precisam ser mergulhadas em água para a remoção de alguns resíduos (BRASIL, 2008). Nesse sentido, em relação a utilização de água, o processo produtivo do sisal depende quase que exclusivamente das chuvas locais, devendo-se destacar apenas a utilização de recursos hídricos na lavagem da fibra, que é uma das fases de seu processo produtivo e que possui a finalidade de remover determinados resíduos.

15. Solos, nutrição e micorrizas

15.1 Macronutrientes e micronutrientes

Estudos no Brasil para avaliação nutricional para a cultura do sisal são raros. Entretanto, alguns trabalhos têm sido feitos em nosso meio para caracterizar as deficiências de macronutrientes (Salgado et al., 1982; Paula et al., 2021) e micronutrientes importantes, para esclarecer e fornecer alguma diretriz técnica para o uso de adubos e corretivos (CEFS, 1989; Malavolta, 1996; Salgado, 1996).

Segundo Salgado et al. (1982), em geral, a deficiência de nitrogênio (N) pode acarretar plantas atrofiadas, de pequeno porte com clorose generalizada nas folhas. Há ainda necrose e seca nas extremidades das folhas próximas da base. Em solos deficientes em N pode ocorrer secamento súbito e típico das extremidades das folhas. Sob deficiência de fósforo (P), as plantas têm pequeno desenvolvimento e intensa coloração esverdeada das folhas. Nas deficiências de potássio (K), ocorre necrose na base da folha e seca das extremidades destas.

Na deficiência de cálcio (Ca), assim como em solos ácidos, as plantas ficam praticamente arrasadas pelo matizado clorótico das folhas e pela necrose. As folhas necrosadas secam da base para os ponteiros, dobrando-se para o chão até secarem totalmente. Baixo teor de Ca no solo produz comumente podridão do cepo. Já na deficiência de magnésio (Mg) as plantas ficam fracas, com folhas finas, clorose generalizada e folhas da base moles e dobradas para o chão.

Na deficiência de enxofre (S) as plantas ficam amareladas, com clorose generalizada fraca e necrose ocasional na base das folhas. Essas deficiências podem estar limitando a produtividade do sisal no Nordeste do Brasil, diminuindo sua rentabilidade e tornando a cultura improdutiva em vista da ocorrência conjunta de deficiência hídrica, comum na região.

Assim, uma definição de um sistema de manejo da adubação adequado é muito importante para a manutenção de altas produtividades e de sua sustentabilidade.

As plantas de sisal necessitam ter teores adequados de nutrientes nas folhas para que a planta seja produtiva. Segundo Malavolta (1996), os teores considerados satisfatórios nas folhas frescas recém maduras são os mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de macro e micronutrientes nas folhas recém maduras do sisal considerados satisfatório para o pleno crescimento da cultura (Adaptado de Malavolta, 1996).

	N	P	K	Ca	Mg	S	
	----- g kg ⁻¹ -----						
Macronutriente	24,0	1,8	25,0	4,0	8,0	1,0	
	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Co
	----- mg kg ⁻¹ -----						
Micronutriente	12	6	100	40	0,2	23	0,5

Os fertilizantes são normalmente aplicados em baixas quantidades ao longo das linhas de plantio e a aplicação profunda não é necessária, exceto no transplântio, pois o sistema radicular do sisal é muito superficial. À medida que as plantas crescem, deve-se aumentar a largura de faixa adubada.

A adubação mineral do sisal atualmente recomendada no Nordeste é de 60 kg/ha de N (1/3 no pegamento da muda e 2/3 no início do ano chuvoso seguinte); 30 a 70 kg/ha de P₂O₅ no plantio; 30 a 70 kg/ha de K₂O, ½ (ou todo) no plantio e ½ no ano chuvoso seguinte. Após o primeiro corte, deve-se aplicar 30-70 kg/ha de P₂O₅, 40 kg/ha de N e 30-70 kg/ha de K₂O, sendo ½ após o corte e a outra metade de 30 a 60 dias após a primeira aplicação. As menores doses de P₂O₅ e K₂O (30 kg/ha) são indicadas para os solos com teores altos ou suficientes nestes nutrientes; à medida que os teores detectados pela análise do solo vão baixando de médio para baixo acrescenta-se 20 kg/ha daqueles nutrientes para cada nível (CEFS, 1989; Malavolta, 1996; Salgado, 1996).

Segundo Amorim Neto e Beltrão, os principais solos usados no Brasil para o cultivo do sisal são os Neossolos Quartzarênicos distróficos, Planossolos, Nitossolos, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico, Neossolos Líticos distróficos e eutróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos e distróficos, Neossolos Regolíticos e suas associações. Destes solos, apenas os Nitossolos e, talvez, os Planossolos têm condições de serem cultivados continuamente sem reposição de nutrientes com pouco efeito sobre os estoques de

nutrientes e a produtividade da cultura. Os Latossolos, Argissolos e Neossolos são facilmente exauríveis com dois ou três ciclos de sisal ou 20 a 30 anos de cultivo contínuo e isto pode promover forte redução na produtividade (Paula et al., 2021).

15.2 Micorrizas

As regiões semiáridas são caracterizadas pela flutuação sazonal do regime de chuvas com períodos prolongados de seca afetando o crescimento das plantas e a produção de biomassa (Schmidt; Karnieli, 2000). Os fungos micorrízicos arbusculares são importantes principalmente em condições de semi-árido (baixa umidade), pois promovem a formação e estabilização de agregados através da ação física de suas hifas, resultando em melhoria da estrutura do solo, conseqüentemente, melhor retenção e disponibilização de água para as plantas (Ruiz-Lozano; Azcón, 1995), através dos micélios extracelulares dos fungos micorrízicos arbusculares, que têm função direta na absorção e translocação de nutrientes e água para as plantas (Figura 15).

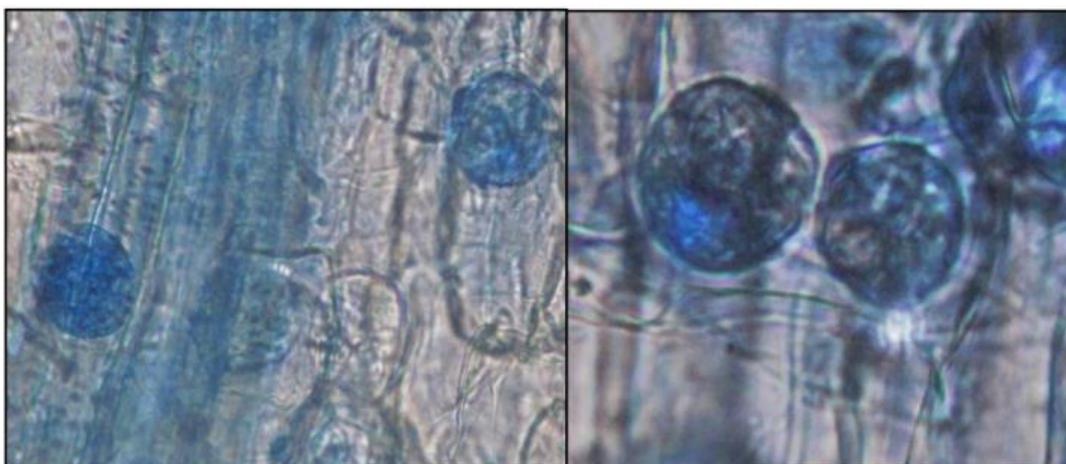


Figura 15. Raiz de sisal com esporos de fungos micorrízicos arbusculares. Raiz corada com azul de tripano e observada com aumento de 100x (Adaptado de Tarafdar e Praveen-Kumar, 1996).

16. Estratégias para altas produções

Embora seja cultivado em larga escala, o sisal é ainda explorado com baixo índice de modernização, e com práticas culturais arcaicas, o que tem levado à redução da área plantada e na produção. Somado a esses fatores, o baixo valor pago pela fibra, o reduzido índice de aproveitamento da planta (somente 3 a 5% das folhas colhidas se convertem em produto comercial), a concorrência com as fibras duras sintéticas, o elevado custo inicial para

implantação e manutenção da lavoura e a falta de variedades mais produtivas, têm colaborado para o declínio da cultura no Semiárido (BRASIL, 2011).

Após o corte das folhas, as etapas de produção da fibra compreendem: descorticagem em máquinas desfibradoras, lavagem, secagem e beneficiamento (escovação) a fim de se obter uma fibra homogênea. Embora muitos produtores não realizem o beneficiamento, ou seja, comercializem a fibra na forma bruta, é comum a utilização de máquinas comunitárias para essa operação. De modo geral, nas indústrias, as fibras de sisal são rebeneficiadas para que possam atender às exigências de cada empresa com relação à qualidade do produto final (Oashi, 1999).

Com o intuito de revitalização da atividade sisaleira, a Empresa Brasileira da Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Algodão, 2005) implementou o Projeto Massabielle (comunidade de mesmo nome localizada no município de Esperança, na Paraíba), que teve por objetivo a reorganização da cadeia de produção do sisal com vistas à agregação de emprego e renda no semiárido nordestino. A extensão do Projeto a outras localidades poderá recuperar as lavouras já existentes e propiciar a formação de novas plantações em sistemas consorciados com culturas de alimentos e a caprinocultura.

Quanto às potencialidades do uso do sisal, as pesquisas sobre o aproveitamento da fibra se concentram em três setores: indústria automobilística, construção civil e agricultura (EMBRAPA, 2005). Estudos na área de ciências de materiais demonstram a eficiência da fibra de sisal em substituição à de vidro, bem como da associação com um polímero (plástico) para a fabricação de estruturas de média resistência dos veículos (Paula et al., 2021). Outras aplicações consistem na substituição do asbesto, matéria-prima para a produção de amianto e, ainda, como material geotêxtil - uma malha de fibras utilizada no combate à erosão do solo.

Na safra de 2015, o Brasil teve uma produção de 181.785 t de fibras. Os estados da Bahia, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, foram os maiores produtores (GCEA/IBGE, 2015), (Figura 16).

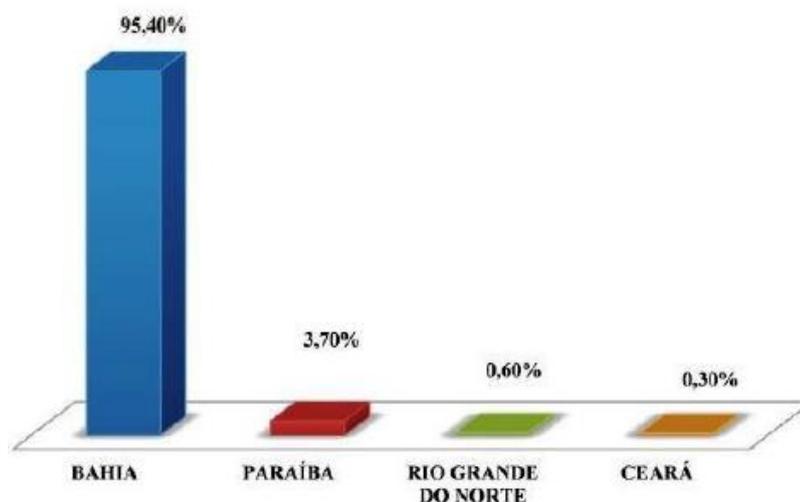


Figura 16. Produção de sisal no Brasil (Adaptado de Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2014).

O sisal tem sido bem pouco explorado do ponto de vista dos métodos de melhoramento genético, visto que somente dois procedimentos têm sido empregados no melhoramento desta planta: (1) seleção de plantas individuais e (2) hibridação; no primeiro, faz-se uso da variação natural existente nas populações de sisal cultivadas ou não e, no segundo, o objetivo é induzir nova variabilidade a partir da qual a seleção passa a ser realizada (Paula et al., 2021).

Os objetivos gerais no melhoramento genético do sisal são: 1) plantas com alta produção de fibras; 2) fibras de boa qualidade; 3) plantas resistentes e rústicas e 4) tipos que facilitem a colheita e a industrialização (Medina, 1954).

17. Efeitos de reguladores vegetais

A avaliação do efeito de reguladores vegetais em sisal pode ser realizada através de um processo *in vitro* de organogênese, por exemplo, que é muito complexo, pois envolve múltiplos fatores externos e internos, a interação entre fonte de explante, meio de cultura e fatores do ambiente (George, 1993). Particularmente, auxinas e citocininas estão mais relacionadas, por sua habilidade de resposta do tecido aos efeitos desses hormônios durante o processo de cultivo *in vitro* (Sugiyama, 1999). Segundo Rios et al. (2007), *Agave sisalana* apresenta um excelente nível endógeno de auxina/citocinina, o que pode favorecer a técnica de otimização de mudas em larga escala e com custo reduzido.

18. Aproveitamento de resíduos

A restituição do resíduo do desfibramento é uma prática consagrada e recomendada há muito tempo (Doop, 1940). Uma vez que apenas 3-5% das folhas são fibras utilizáveis, compostas principalmente de celulose, os 95-97% restantes contêm a maior parte dos nutrientes extraídos pelas lavouras. Segundo Malavolta (1996), uma tonelada de composto feito a partir de resíduo triturado contém 6 kg de Nitrogênio, 1 kg de Fósforo, 0,8 kg de Potássio, 1,6 kg de Magnésio, 25 kg de Cálcio e 2,5 kg de Enxofre. Assim como o sisal, o rendimento anual é de cerca de 20-25 toneladas de folhas por hectare (95-97% das quais são transformadas em lixo). Assim, este material promove uma grande circulação de nutrientes após o retorno ao campo.

Devolvê-lo ao solo após o desfibramento pode ser uma opção viável, o que pode tornar a exploração do sisal sustentável com investimento mínimo. Entretanto, é interessante que se meça a eficiência de resposta da planta a esse resíduo, comparando-se com a resposta aos nutrientes minerais, e se determine a dosagem mínima necessária para se manter uma produtividade adequada. A utilização do resíduo do desfibramento das folhas de sisal (*Agave sisalana*) no controle de fitonematoides representa mais uma alternativa para os produtores, além de ter baixo custo e não oferecer riscos de contaminação do ambiente (Damasceno et al., 2015).

Referências

ABREU, K.C.L.M. **Epidemiologia da podridão vermelha do sisal no Estado da Bahia**. 2010. 100 f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

ALVES, M.O.; SANTIAGO, E.G.; LIMA, A.R.M. **Diagnóstico sócio econômico do setor sisaleiro do nordeste brasileiro**. Fortaleza: ETENE, 2005. 90 p. (Série Documentos, 4).

BATISTA, D.C. et al. **Manejo da podridão vermelha do tronco do sisal**. Petrolina: EMBRAPA Semiárido, 2010. 6 p. (Circular Técnica, 92).

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento de Gestão de Risco Rural. Portaria nº 326, de 17 de agosto de 2011. **Aprova o zoneamento agrícola de risco climático para a cultura de sisal no Estado da Bahia**. Brasília, 2011.

DAMASCENO, J.C.A. et al. Sisal leaf decortication liquid residue for controlling *Meloidogyne javanica* in tomato plants. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 155-162, 2015.

DIAS, A.B. Potencial de indicação geográfica do sisal na Bahia. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 8, n. 1, p. 174, 2015.

EMBRAPA ALGODÃO. **Projeto Massabiele**: agregação de emprego e renda no semiárido nordestino. Campina Grande: 2005.

GARCÍA-MENDOZA, A. Los agaves de México. **Ciencias**, México, v. 87, p. 13-23, 2007.

GENTRY, H.S. **Agaves of continental North America**. Tucson: University of Arizona Press, 1982. 670 p.

GEORGE, E.F. **Plant propagation by tissue culture**: the technology. Edington: Exegetics, 1993. v. 1, 574 p.

HARTEMINK, A.E. Input and output of major nutrients under monocropping sisal in Tanzania. **Land Degradation & Development**, London, v. 8, p. 305-310, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal, lavoura permanente**: sisal. 2017. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/3BT08>>.

LEÓN, N. et al. Diversidad de especies de agave en San Miguel Tilquiapam, Ocotlán, Oaxaca. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, México, n. 6, p. 1185-1195, 2013.

LOCK, G.W. **Sisal**. London: Longman, 1962. 355 p.

MACHADO, G.B. **Da identidade de resistência à identidade de projeto no Território do Sisal (Bahia)**: o caso da APAEB-Valente. 2006.

MALAVOLTA, E. Sisal (*Agave sisalana* Perr.). In: INTERNATIONAL FERTILIZER INDUSTRY ASSOCIATION. **World fertilizer use manual**. Paris, 1996. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/sisal.htm>>.

MEDINA, J.C. A necrose da base da folha de sisal. **Bragantia**, Campinas, v. 3, p. 73-84, 1943.

MEDINA, J.C. **O sisal**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Diretoria de Publicidade Agrícola, 1954. 286 p.

NAVES, I.M. **Safra 2012/2013**: comercialização - proposta de ações. 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>.

NAVES, I.M. **Sisal 2015**: retrospectiva. 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>.

OASHI, M.C.G. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do sisal na Paraíba**. 1999. 253 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal da Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

QUEIROGA, V.P. et al. (Ed.). **Sisal (*Agave sisalana*, Perrine)**: tecnologias de plantio e utilização. Campina Grande: AREPB, 2021. 217 p.

PINTO, M.N. Contribuição ao estudo da influência da lavoura especulativa do sisal no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.31, n.3, p. 3-102, 1969.

RIOS, A.P.S. et al. Influência de explantes e reguladores de crescimento na micropropagação de sisal (*Agave sisalana* Per.). **Ornamental Horticulture**, Wallingford, v. 13, p. 1242-1245, 2007.

RUIZ-LOSANO, J.M.; AZCÓN, R. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal species and water status. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 95, p. 472-478, 1995.

SALGADO, A.L.B. Sisal. In: RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 118 p.

SALGADO, A.L.B.; CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. Melhoramento de Agave por hibridação. **Bragantia**, Campinas, v.38, n.1, p.1-6. 1979.

SANTOS, E.M.C.; SILVA, O.A.; COELHO NETO, A.S. **Gente ajudando gente: o tecido associativista do território do Sisal**. Feira de Santana: UEFS Ed., 2011.

SCHMIDT, H.; KARNIELI, A. Remote sensing of the variability of vegetation in a semi-arid environment. **Journal of Arid Environment**, Amsterdam, v. 45, p. 43-59, 2000.

SHARMA, S.; VARSHNEY, V.K. Chemical analysis of *Agave sisalana* juice for its possible utilization. **Acta Chimica & Pharmaceutica Indica**, Udaipur, v. 2, p. 60-66, 2012.

SILVA, F.A.; CHAWLA, N.; TOLEDO FILHO, R.D. Tensile behavior of high performance natural (sisal) fibers. **Composites Science and Technology**, Oxford, v. 68, p. 3438–3443, 2008.

SILVA, F.M. et al. Levantamento e distribuição espacial da podridão vermelha do sisal em áreas de produção da Bahia. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA, 2008, Campina Grande. **Cultivo do sisal no nordeste brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA, CNPA, 2008. (Circular Técnica, 123).

SOUSA, M.L. **A produção do sisal na Paraíba: o município de Cuité, um estudo de caso**. 1987. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1987.

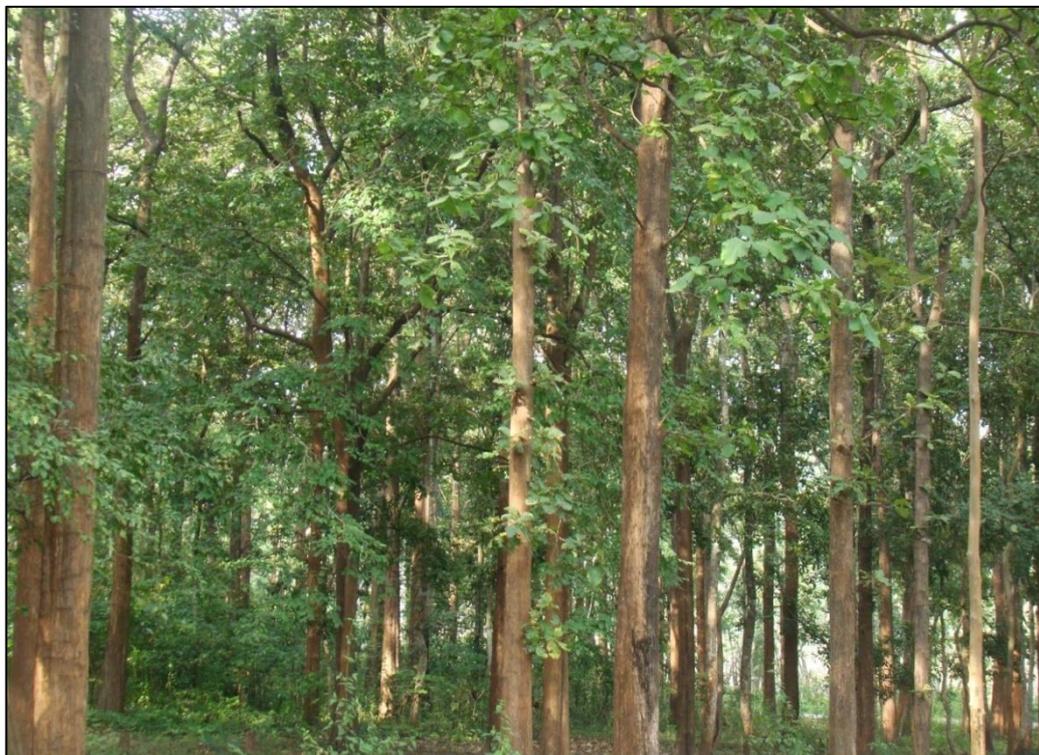
SUGIYAMA, M. Organogenesis *in vitro*. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 2, p. 61-64, 1999.

SUINAGA, F.A.; SILVA, O.R.R.F.; COUTINHO, W.M. **Cultivo de sisal na região semiárida do nordeste brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 2006. 42 p. (Sistemas de Produção, 5).

TARAFDAR, J.C.; PRAVEEN-KUMAR. The role of vesicular arbuscular fungi on crop, tree and grasses grown in an arid environment. **Journal of Arid Environment**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 197-203, Oct. 1996.

VALENZUELA, A.G. **El agave tequilero:** su cultivo e industria de México. 3. ed. Guadalajara: Monsanto; Grupo Mundi-Prensa México, 2003. 216 p.

TECA



TECA (*Tectona grandis*)

Carlos Henrique Queiroz Rego

Patrícia Aparecida Galletti

1. Origem e distribuição geográfica

A teca (*Tectona grandis* L.f.) é uma espécie arbórea que pertence à família das Lamiáceas, é originária em regiões situadas entre as latitudes 10°N a 23°N, que correspondendo à Índia, Mianmar, Laos e Tailândia (Pandey; Brown, 2000), segundo a Figura 1. Atualmente, a maior parte do cultivo encontra-se na região da Ásia, com cerca de 83% de toda área plantada no mundo, já a África conta com cerca de 11% dos cultivos totais, e 6% na América (Camino; Pierre; Morales, 2013), segundo esses mesmos autores a área plantada estimada é de 4,3 milhões de hectares.

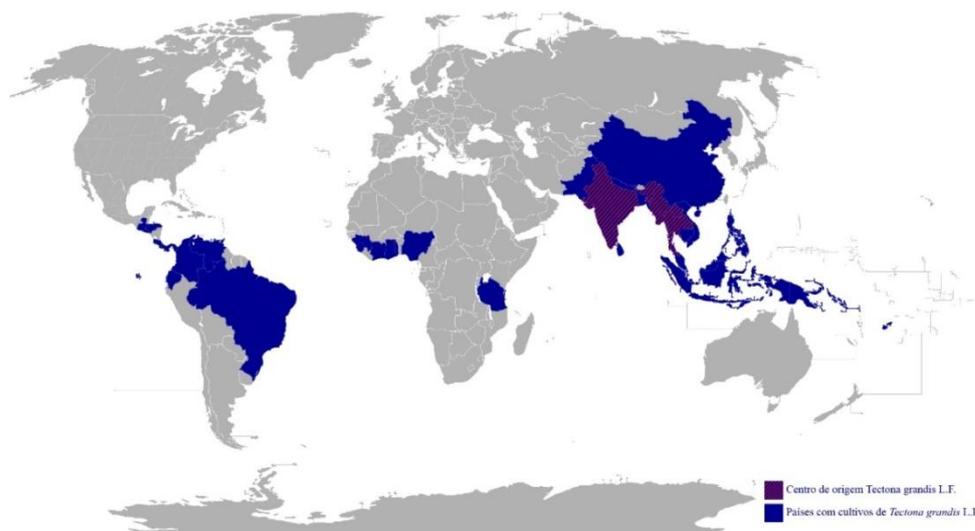


Figura 1. Distribuição natural da teca (*Tectona grandis* L. f.), (Adaptado de Weaver (1993), Krishnapillay (2000), Pandey e Brown (2000)).

A teca é uma cultura relativamente nova quanto a sua introdução no Brasil, os primeiros plantios datam de 1971, na região de Cáceres no estado de Mato Grosso (Tsukamoto et al., 2003). A região Centro-Oeste, principalmente o estado do Mato Grosso, é onde se concentra a maior área plantada, cerca de 72 mil hectares, seguida pela região Norte com 5,7 mil ha e Sudeste com 2,4 mil ha (EMBRAPA, 2007).

2. Classificação botânica

Segundo Engler (Sambamurty, 2005) e Cronquist (1981; 1988) a teca (*Tectona grandis*) é classificada como pertencente ao gênero *Tectona*, incluído na família Verbenaceae, conforme consta na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica da teca segundo sistema de Engler e Cronquist.

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledonae	Magnoliopsida
Subclasse	Sympetalae	Asteridae
Ordem	Tubiflorae	Lamiales
Família	Verbenaceae	Verbenaceae
Gênero	<i>Tectona</i>	<i>Tectona</i>

A família Verbenaceae, que possui semelhanças com a família Lamiaceae, e tem sido circunscrita de forma mais ampla para a maioria dos sistematas, como por exemplo, por

Cronquist, (1981; 1988). Sendo assim, em sua delimitação tradicional a família Verbenaceae é parafilética, enquanto a Lamiaceae é polifilética. Para tornar Lamiaceae monofilética, muitos gêneros que eram incluídos em Verbenaceae passaram a ser incluídos em Lamiaceae, sendo um deles o gênero *Tectona* (Judd et al., 2009).

Lamiaceae é uma família que possui em torno de 268 gêneros, sendo 6800 espécies. Possui muitas espécies de importância econômica como, por exemplo, menta, lavanda, orégano, sálvia (pela presença de óleos essenciais e utilização como especiarias), a teca é uma árvore importante como fonte de madeira e muitas outras espécies são utilizadas com fins ornamentais (Judd et al., 2009).

3. Morfologia e anatomia

T. grandis é uma espécie de hábito de crescimento arbóreo (Figura 2A), caducifólia de floresta tropical, que perde as folhas durante a estação seca. É considerada de grande porte, podendo alcançar em torno de 30 metros de altura ou mais. Possui tronco ereto e cilíndrico com casca grossa de coloração parda, possuindo fissuras ao longo do tronco e copa globosa aberta com ramagem vigorosa (Figura 2D), de acordo com Lorenzi (2003). As folhas (Figura 2C) são grandes, medindo 30 a 40 centímetros de comprimento por 25 centímetros de largura, opostas, coriáceas e ásperas ao tato, sendo que em indivíduos jovens as mesmas são ainda maiores, com até o dobro das dimensões (Vieira et al., 2007). As flores são pequenas, de coloração branca, sendo que as mesmas são numerosas e estão contidas em inflorescências grandes, terminais e do tipo panícula (Figura 2B) (Sánchez, 2002; Lorenzi, 2003; Vieira et al., 2007). Os diásporos de teca são os frutos, que possuem aproximadamente 1,2 centímetros de diâmetro, são secos, do tipo drupa, possuindo endocarpo duro para proteger as sementes, que variam de 1 a 4, mesocarpo característico, tendo uma camada compacta com densa cobertura feltrosa e exocarpo constituindo um involúcro vesicular inflável de consistência membranosa (Lorenzi, 2003; Vieira et al., 2007).

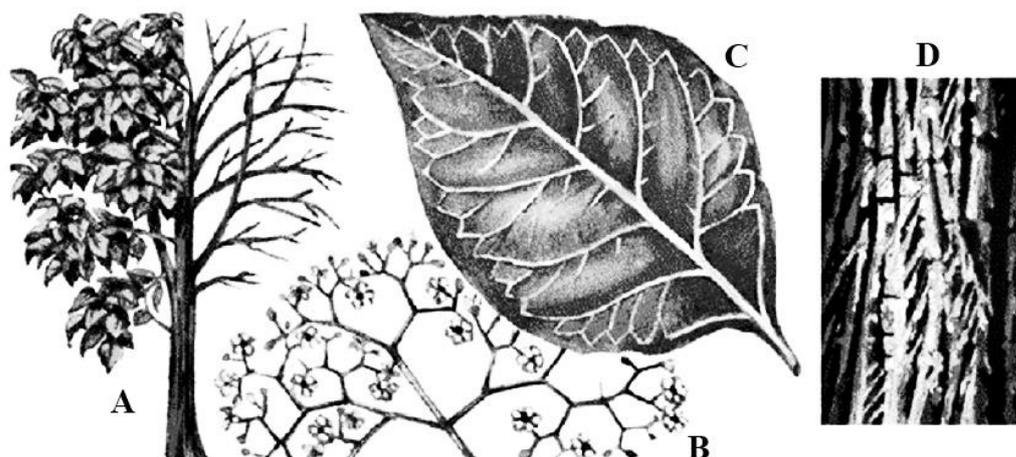


Figura 2. Representação das estruturas morfológicas de *Tectona grandis*: A – forma da planta (tronco e galhos), B – inflorescência, C – folha, D – tronco com “casca” (Adaptado de Caldeira, 2004).

4. Germinação e propagação

4.1 Propagação sexuada: sementes

A unidade de dispersão da planta de teca (diásporo) é constituída do fruto seco, que pode conter de 1 a 4 sementes. O mesocarpo e o endocarpo desse fruto são duros e apresentam resistência, dificultando o contato das sementes com a água para que ocorra a embebição e germinação, constituindo problema, já que a germinação das sementes então é lenta, irregular e pode demorar muitos dias (Dias et al., 2009; Rocha et al., 2011; Soares et al., 2017). Com isso, o investimento para produção de mudas é maior e devido à baixa taxa de germinação a quantidade de mudas que podem ser obtidas de uma matriz é limitada e as mudas obtidas variam o estágio de desenvolvimento devido à desuniformidade de germinação (Rocha et al., 2011).

A causa da impermeabilidade do endocarpo e mesocarpo se deve a uma camada de células paliçádicas com paredes celulares espessas recobertas externamente por cutícula cerosa (Dias et al., 2009). No processo germinativo das sementes, a água é necessária para a organização da estrutura das células e para reativação do metabolismo, participando da atividade enzimática, da solubilização e transporte de reservas e ainda servindo como reagente em si (Marcos Filho, 2005), sendo por isso imprescindível para que as sementes germinem em contato com umidade.

Entretanto, Slator et al. (2013) afirmam que a dormência dos diásporos de teca na verdade não é física, pois segundo os autores, o endocarpo não é impermeável à água e a mesma pode encontrar caminhos pelo mesocarpo, não limitando o contato com as sementes. Os diásporos, segundo os mesmos autores, possuem dormência mecânica, tendo as sementes

em germinação que romper válvulas, isso é possível devido à pressão do potencial de crescimento.

Vários procedimentos para superação da dormência dos diásporos de teca e que aumentaram a porcentagem de germinação consideravelmente são encontrados na literatura, tais como: uso de altas temperaturas a seco, como por exemplo, o método de solarização (Rocha et al., 2011; Coimbra et al., 2014) ou estufa a 80° C, por 6 h (Soares et al., 2017); imersão em água por ao menos 24 horas (Vieira et al., 2007), imersão em água corrente por 72 horas, imersão em ácido sulfúrico por 1 a 3 minutos, não sendo recomendado utilizar água quente, pois pode comprometer o embrião da semente (Dias et al., 2009).

No Brasil são comercializados 3 tipos de mudas de teca, basicamente: mudas do tipo toco (Figura 3), mudas em tubetes e mudas em sacos de polietileno. A produção de mudas tipo toco consiste em processo de produção simples e econômico, que possibilita a significativa redução dos custos de implantação de povoamentos, sendo o tipo mais utilizado. A produção de mudas em tubetes é mais empregada em viveiros que eventualmente produzem mudas de teca, é mais cara comparada com a produção de mudas tipo toco. A produção de mudas em sacos de polietileno aumenta os custos da mão de obra e a quantidade de insumos para o substrato, além de elevar os custos nas fases de transporte das mudas para o local definitivo e na operação de plantio e replantio (figueiredo; Sá, 2015).

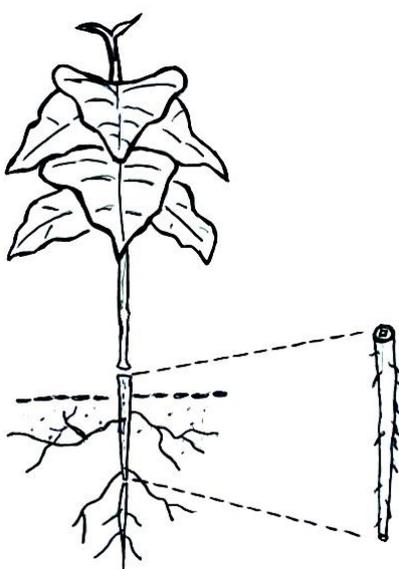


Figura 3. Muda de *Tectona grandis* tipo toco: corte do caule e da raiz a 3 e 20 centímetros do colo da muda, respectivamente (Desenho de Evandro Orfanó Figueiredo, Adaptado de Figueiredo e Sá, 2015).

Para produção de mudas de boa qualidade no viveiro deve-se atentar aos tratamentos culturais, principalmente a irrigação, adubação/fertilização, controle de pragas e doenças,

aclimação, desbastes, podas, raleio e repicagem, isso porque as práticas de manejo das mudas durante essa fase é que determinarão o sucesso no campo (Figueiredo; Sá, 2015).

4.2 Propagação assexuada: micropropagação

Outra alternativa para a produção de mudas que poderia ser utilizada em escala comercial é a técnica de micropropagação. Consiste em uma opção para obtenção de mudas clonais com alta qualidade e sanidade, com características desejáveis a partir de plantas selecionadas, em curto período de tempo, obtendo-se mudas e plantas uniformes, por possuírem o mesmo material genético (Fernandes et al., 2011).

Para que haja sucesso com a utilização da técnica de micropropagação deve-se primeiramente partir de um protocolo de assepsia e estabelecimento *in vitro* com o maior número de explantes assépticos, menor produção de compostos fenólicos (oxidação) e com maior sobrevivência dos explantes para as etapas seguintes (Dias et al., 2009), por isso a importância de pesquisa e desenvolvimento tecnológico nessa área.

Várias pesquisas foram relatadas com relação a essa técnica com resultados positivos e potencial para uso em larga escala (Fernandes et al., 2011), como por exemplo, o estudo realizado por Gyves et al. (2007), que propuseram um eficiente método para propagação *in vitro* de teca em que as mudas são produzidas em 3 meses, incluindo o período de aclimação. No Brasil, já existem biofábricas para produção de mudas clonadas de teca (Fermino Junior; Scherwinski-Pereira, 2009).

5. Desenvolvimento das raízes

As raízes são responsáveis pelo fornecimento de água e nutrientes para a planta, sustentando o crescimento da mesma, e também é a estrutura que permite a ancoragem e estabilidade da planta, fixando-a no solo e permitindo que desenvolva estruturas vegetativas e reprodutivas acima da superfície do solo (Taiz et al., 2017).

São complexos os fatores que determinam o crescimento das raízes, envolvendo nutrição, disponibilidade de oxigênio no solo, hormônios vegetais, suprimento de carboidratos e alocação reativa dos mesmos na raiz e na parte aérea, todos esses fatores resultando em expressões singulares do material genético (Gonçalves; Mello, 2000).

Os estudos de sistema radicular mostram limitações metodológicas: são geralmente muito trabalhosos e demorados e, além disso, apresentam problemas de imprecisão (Gonçalves; Mello, 2000). No caso da teca, pouco se tem estudado seu sistema radicular. Isso

ocorre devido à complexidade de estudos dessa natureza, que envolvem grande demanda de tempo, mão de obra e custos elevados (Behling et al., 2014).

O conhecimento das características do sistema radicular das árvores, principalmente o das raízes finas, é fundamental para definição e tomada de decisão sobre as práticas de preparo do solo que devem ser empregadas, fertilização necessária, sendo também importante para entendimento de processos relacionados à nutrição mineral e balanço hídrico (Gonçalves; Mello, 2000).

A maioria das raízes finas de árvores, em geral, está concentrada nos primeiros 30 centímetros de solo, podendo variar de forma que, inicialmente, o desenvolvimento ocorre sob forte controle genético, podendo ocorrer adaptação e modificações de acordo com características do solo (densidade, umidade, temperatura, etc.) e outros fatores, como por exemplo, o espaçamento (Gonçalves; Mello, 2000).

Behling et al. (2014) realizaram um estudo sobre raízes de teca, conduzido no Município de Tangará da Serra, Estado de Mato Grosso, em plantio com aproximadamente 7,5 anos de implantação. De acordo com esse estudo, a densidade, o comprimento e a área radicular específica da teca diminuem com a profundidade do perfil, sendo que os maiores valores se concentram na camada de 0-20 cm: 57% da superfície das raízes finas de teca (< 2 mm), 56,2% da biomassa seca das raízes e 57,4% do comprimento total estão nessa camada. Devido às raízes de teca serem sensíveis à deficiência de oxigênio, a espécie se desenvolve melhor em solos com boa aeração, e também por isso as raízes finas são concentradas em camadas mais superficiais (Figueiredo; Sá, 2015).

Almeida et al. (2010), avaliando a quantidade de carbono em cultivo de teca com até 5,5 anos de idade, verificaram que a proporção de carbono entre raiz e parte aérea varia com as diferentes idades, sendo que as plantas mais jovens (0,5, 1,5 e 2,5 anos) obtiveram em média 47,2% de carbono na raiz e 52,8% na parte aérea, e as plantas com maior idade (3,5 a 5,5 anos) tiveram 31,4% de carbono na raiz e média de 68,6 % na parte aérea. Os mesmos autores inferiram que o sistema radicular da planta de teca não apresenta crescimento depois de 5,5 anos de idade. Isso foi verificado com base na quantidade de carbono nas raízes. Com o aumento da idade, houve incremento na quantidade de carbono nas raízes, sendo, em média, 2,8 t de C ha⁻¹ para as plantas mais jovens, e de 15,3 t de C ha⁻¹ para as plantas mais velhas (5,5 anos ao final do experimento). Notou-se valor semelhante com os dados de Kraenzel et al. (2003), obtidos com teca de 20 anos de idade no Panamá 15,7 t de C ha⁻¹.

Com relação à absorção de nutrientes pelas raízes, a ordem da quantidade total de nutrientes nas raízes, na camada de solo (0-60 cm) estudada por Behling et al. (2014) foi

$K > Ca > N > Mg > P > S$, e avaliando-se a eficiência de utilização desses nutrientes, os autores verificaram que o fósforo e o enxofre são os que possuem maior eficiência, enquanto o nitrogênio e o potássio, são aqueles com menor eficiência de utilização para formação da área radicular em plantios de teca.

6. Desenvolvimento do caule

O crescimento do caule é determinante para teca e outras espécies florestais, pois é o caule o principal produto comercializado, estando diretamente ligado com a produção. A madeira de teca é muito apreciada e demandada no mercado internacional, possuindo alto valor comercial. Possui coloração pardo-dourada e alta durabilidade, sendo uma das principais espécies de folhosas para a produção de madeira no mundo (Figueiredo; Sá, 2015).

O espaçamento é determinante para o planejamento e condução do povoamento de árvores, sendo dependente da espécie cultivada, e também estabelece a necessidade de desbaste, ao longo do desenvolvimento das mesmas e ocorrência de competição. A quantidade delas por área e a sua distribuição, podem modificar as condições ambientais e a partição dos fatores luz, água e nutrientes, afetando o crescimento e desenvolvimento, e conseqüentemente a produtividade e as características da madeira, devido à maior necessidade de práticas culturais e uso de insumos, também acaba por afetar os custos de produção (Passos et al., 2006).

Nas fases iniciais de crescimento (2 a 3 anos) há presença de galhos laterais, sendo que isso pode estar relacionado com a ação dos ventos, associado aos indivíduos que possuem maior porte, porém com baixo ganho em diâmetro. Isso faz com que essas árvores sejam mais suscetíveis a inclinarem ao serem submetidas a fortes ventos e sofrerem rachaduras no fuste (Pelissari et al., 2013). Pelos mesmos autores, foi observado que quando a casca é exposta à insolação direta há estimulação da formação de gemas laterais e, posteriormente, de galhos nos locais fendidos.

No mercado de teca não existem nichos para a madeira de menor qualidade, possuindo pequena dimensão, presença de nós e grande proporção de alburno, o que ocorre devido ao manejo inadequado (Figueiredo; Sá, 2015). Para que a madeira possua a qualidade desejada, principalmente quando é destinada para serraria, como é o caso da teca, e conseqüentemente maior valor comercial, é preciso realizar algumas práticas silviculturais, como desrama e desbaste.

Com a prática da desrama os fluxos metabólicos são concentrados e direcionados para o crescimento apical, em espécies florestais de rápido crescimento, e propicia a obtenção de

madeira de melhor qualidade, pois reduz o número de nós. As árvores podem apresentar desrama natural, e o grau com que esse processo ocorre é dependente da espécie. A teca é caracterizada pela ocorrência de desrama natural, no entanto, na região Norte do Brasil, as brotações laterais são persistentes (Figueiredo; Sá, 2015).

A desrama mal realizada, sem o emprego das técnicas e ferramentas adequadas, é altamente prejudicial à qualidade da madeira. Se a mesma é realizada em corte distante do fuste o ramo provocará um nó morto na parte central do fuste, já uma poda muito próxima ao fuste provoca uma cicatriz permanente na parte cambial, provocando falha nas fibras da madeira (Figueiredo; Sá, 2015).

A operação da desrama deve ser feita na época adequada, quando a planta é muito jovem ainda. Adiar esse processo causa sérios prejuízos à forma do fuste da árvore, entretanto, deve-se atentar para não realizar podas excessivas, evitando a realização de desrama em alturas superiores a 2/3 da altura total da árvore, pois isso pode causar queda da produtividade devido à redução da área foliar (Figueiredo; Sá, 2015).

O desbaste consiste na redução planejada do povoamento de árvores, permitindo que as árvores restantes acelerem a ocupação espacial e o crescimento em diâmetro. Sem a realização dessa prática de maneira adequada, ou mesmo o uso de espaçamento inadequado, pode culminar na morte das plantas de teca, pois a mesma é muito sensível ao sombreamento (Figueiredo; Sá, 2015), ocorrendo pela maior proximidade das árvores no povoamento.

A competição por luz também exerce grande influência quanto à tortuosidade, principalmente quando as plantas ainda são jovens, quando as alterações são mais rápidas, pois as árvores tendem a procurá-la quando são submetidas à concorrência, voltando-se para locais onde a luminosidade é mais disponível (Pelissari et al., 2013).

Há relatos de que a planta de teca possui certa resistência ao fogo, desde que ocorra com pouca intensidade e não alcance elevadas temperaturas. Após a ocorrência de um incêndio de superfície as árvores rebrotam, quando possuem até 3 anos de idade, sendo que com mais idade e com casca mais desenvolvida não suportam altas temperaturas. Mesmo assim, o fogo é prejudicial: estimula o crescimento demasiado de brotações laterais na parte inferior do fuste, causa manchas na madeira e possibilita o acesso de agentes patogênicos na base do tronco (Figueiredo; Sá, 2015).

Para a produção de madeira de teca a floração é indesejável, sendo que esse fator está vinculado ao material genético, por isso a importância da seleção. A emissão de floração interfere no comprimento do fuste, indicando início da ramificação do fuste, alterando a qualidade (Figueiredo; Sá, 2015).

7. Desenvolvimento das folhas

O órgão geralmente responsável pela fotossíntese é a folha, e o desenvolvimento da planta depende do desenvolvimento das mesmas. A teca é uma espécie heliófila que apresenta mortalidade de plantas jovens quando a densidade de plantio é muito alta (Passos et al., 2006), isso devido à competição por luz causada nessas condições.

As folhas de *T. grandis* são classificadas como hipoestomáticas, possuindo os estômatos localizados estritamente na face abaxial, o que é uma característica inerente à adaptação em ambientes tropicais, podendo favorecer a planta devido à elevada irradiância solar nesses ambientes (Fermino Junior; Scherwinski-Pereira, 2009).

As plantas de teca são caducifólias, perdendo as folhas em determinada época do ano desfavorável ao desenvolvimento das mesmas. Em estudo realizado por Macedo et al. (2007), nas condições de Lavras (MG) o decréscimo contínuo da temperatura e da precipitação, verificada a partir de abril até agosto causaram perda de folhas das plantas de teca, ocasionando também redução do crescimento, sendo que com aumento gradual da temperatura e dos níveis de precipitação a partir de setembro ocorreu brotação, retomada de crescimento diamétrico e em altura das plantas. Segundo os autores, os maiores valores de incrementos em altura e diâmetro foram verificados, de um modo geral, no período compreendido entre setembro e janeiro, onde ocorre maior precipitação e as temperaturas são mais altas.

Junior e Scherwinski-Pereira (2009), em estudo comparando efeito do ambiente *in vitro* e *ex vitro* sobre a morfologia das folhas de *T. grandis*, verificaram as seguintes diferenças:

- Estômatos de tamanhos reduzidos *in vitro*;
- Espessura da cutícula de na face adaxial de folhas em cultivo *in vitro* diminuída;
- Espessura total da lâmina foliar, do mesofilo e do parênquima paliádico reduzido *in vitro*;
- Relação parênquima esponjoso e mesofilo (PE/ME) maior *in vitro* (0,67) do que em *ex vitro* (0,47).

Essas diferenças, segundo os autores, indicam que as plantas de *T. grandis* possuem plasticidade adaptativa, tendo possibilidade de sobreviver ao processo de aclimatização das plantas micropropagadas em casa de vegetação (*ex vitro*), onde as condições de luminosidade,

umidade e sazonalidade são distintas às *in vitro*, que são extremamente controladas e favoráveis.

A falta de água no solo limita o crescimento das espécies vegetais ocasionando efeitos deletérios que poderão afetar a produtividade. Na tentativa de superar o estresse causado por algum fator ambiental, como por exemplo, o déficit hídrico, a planta ativa mecanismos fisiológicos e bioquímicos de resposta. Em estudo realizado por Lechinoski et al. (2007), observou-se que sob efeito de estresse hídrico causado por falta de irrigação durante 9 dias, folhas de teca apresentaram teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais alterados, sendo que em plantas sob estresse hídrico, houve uma diminuição drástica nos teores de proteínas solúveis totais (94,57%) e aumento nos teores de aminoácidos solúveis totais (68%).

De acordo com os autores citados acima, o aumento da atividade de enzimas proteolíticas, que quebram as proteínas de reserva e a diminuição da síntese, causaram a redução do teor de proteínas solúveis totais. E o aumento da atividade das enzimas proteases, que quebram as proteínas de reserva com o aumento do tempo de estresse, no intuito de se ajustar osmoticamente ao meio estressante, resulta em aumento do teor de aminoácidos solúveis totais. Concluíram, portanto, que esses resultados ocorreram devido à espécie *T. grandis* ser sensível à falta de água no solo, ocasionando alterações bioquímicas nas folhas.

8. Efeitos de fatores ecológicos

8.1 Temperatura

A teca pode ser considerada uma planta rústica, quando comparada a outras espécies florestais. Na sua região de origem ela está distribuída em locais com ampla variação térmica, onde nos meses mais quentes pode atingir 48°C, e até 2°C no inverno, sendo que o seu crescimento e desenvolvimento seria mais satisfatório em locais que apresentem a média mensal de temperatura máxima em torno de 40°C e a mínima de 13° C (Haig et al., 1958). No Brasil, as áreas estão inseridas em uma faixa de temperatura semelhante às das florestas onde a teca ocorre naturalmente, no estado do Mato Grosso, onde é cultivada em maior escala, são observadas temperaturas máximas que vão de 35°C a 40°C e mínimas de 15°C a 20°C (Oliveira, 2003; Behling, 2009). A teca também é considerada uma espécie sensível à ocorrência de geadas e de ventos fortes, principalmente nos anos iniciais após a sua implantação (González, 2004).

8.2 Umidade

Assim como acontece com a temperatura, a teca ocorre sob uma ampla faixa de umidade, são encontrados registros de cultivos em região com precipitação média que vai de 500 mm ano⁻¹ a mais de 5000 mm ano⁻¹. Já no Brasil, no estado do Mato Grosso as áreas acumulam uma precipitação média anual que vai de entre 1500 mm a 2750 mm (Oliveira, 2003; Behling, 2009).

8.3 Luminosidade

A teca é considerada uma espécie heliófila, ou seja, são plantas que necessitam de ampla exposição ao sol. Quando o cultivo é mal planejado e submetido a altas densidades populacionais, a entrada de luz é prejudicada ao longo do crescimento das árvores, ocasionando competições intraespecíficas, afetando o crescimento em diâmetro e a produtividade (González, 2004), o uso de técnicas como desbastes e desramas seriam uma forma de contornar o problema.

8.4 Relações hídricas

Como anteriormente já discutido, a teca se desenvolve bem em locais com precipitação na faixa de 1500 mm a 2750 mm. Embora seja considerada uma planta rústica, e tolerante a diversas condições de estresse, em seus primeiros anos de desenvolvimento é bastante suscetível à falta de água, por exemplo. Silva et al. (2010), constataram que o déficit hídrico afeta as mudas de teca, segundo esses autores aos 4 dias de restrição hídrica houve redução na condutância estomática e das taxas de transpiração, sendo que atribuíram essa causa à redução do potencial da água nas folhas, levando ao fechamento dos estômatos, evitando dessa forma perda de água por transpiração, mantendo assim o teor hídrico da planta.

Mudas de teca submetidas a partir de 3 dias de restrição hídrica, tem a atividade da enzima redutase do nitrato reduzida consideravelmente, já quando o déficit hídrico chega aos 9 dias, a atividade enzimática é diminuída em mais de 98% (Castro et al., 2008), o que levará à diminuição da assimilação do nitrogênio por parte dessas plantas, diminuindo conseqüentemente a formação de aminoácidos e proteínas, afetando o desenvolvimento destas plantas.

9. Solos, nutrição e micorrizas

9.1 Solos

A teca tem preferência por solos planos, aluviais e com pouca declividade, sendo que em relação à textura deve predominar a porcentagem de areia em relação à argila, sendo considerada uma textura ideal a franco-arenosa, quando não há a possibilidade de um solo com boa quantidade de areia, deve-se optar por solos argilosos com boa drenagem e profundidade, o pH por sua vez, deve ser neutro à levemente ácido (González, 2004), com valores entre 6,5 e 7,5 (KAOSA-ARD, 1989).

9.2 Nutrição

Quanto às condições químicas do solo, teores baixos de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P), limitam o bom desenvolvimento da teca (González, 2004), visto que esta espécie possui alta exigência em Ca (Pelissari et al., 2012), é altamente eficiente na absorção e assimilação de P e a sua deficiência afeta a quantidade de biomassa radicular (González, 2004); sendo que o potássio (K) quando em baixas concentrações, afeta o crescimento e desenvolvimento da espécie (Castellanos, 2006). Abaixo (Tabela 2) estão contidos os níveis foliares de nutrientes em plantações de teca e sua interpretação a ser utilizada em uma adubação de manutenção.

Tabela 2. Interpretação de níveis foliares de nutrientes em plantações de teca (Adaptado de Zech e Drechsel, 1992; Boardmann et al., 1997).

Elemento	Teor deficiente	Teor médio	Teor adequado	Teor alto
N (%)	<1,20	1,20-1,51	1,52-2,78	
P (%)	<0,10	0,10-0,13	0,14-0,25	0,40
K (%)	<0,50	0,50-0,79	0,80-2,32	2,33
S (%)	<0,08	0,08-0,10	0,11-0,23	
Ca (%)	<0,55	0,55-0,71	0,72-2,20	
Mg (%)	<0,10	0,10-0,19	0,20-0,37	
Cu (mg/kg)				
Zn (mg/kg)		11-19	10-25	
Mn (mg/kg)	<30	30-49	20-50	
Fe (mg/kg)			50-112	379-1074
Al (mg/kg)			58-390	340-480
B (mg/kg)			15-45	

Barroso et al. (2005), no intuito de caracterizar a sintomatologia visual de deficiência nutricional em *T. grandis*, submeteram mudas dessa espécie, com 40 dias de idade, a substratos fertirrigados com solução nutritiva completa comparando com soluções preparadas com deficiência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, que culminaram no aparecimento de sintomas semelhantes aos que ocorrem em outras culturas (Figura 3). Segundo os autores, os danos mais intensos e imediatos foram observados na ausência de N e Ca, indicando possível sensibilidade e maior exigência desses nutrientes no início do desenvolvimento das plantas de teca. Os resultados obtidos constam na Tabela 3.

Tabela 3. Sintomas de deficiência nutricional observados em mudas de *T. grandis* fertirrigadas com solução excludente de N, P, K, Ca, Mg e S por 30 dias (Adaptado de Barroso et al., 2005).

Elemento deficiente	Sintomas observados
N	Redução drástica do crescimento, clorose generalizada, paralisação de emissão de raízes novas e apodrecimento das raízes secundárias.
P	Enrugamento (encarquilhamento) nas extremidades das folhas mais velhas e clorose leve.
K	Redução do crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e pontos necrosados nas folhas mais velhas (sintomas já observados no 2º par de folhas a partir do ápice) e redução da emissão de raízes novas.
Ca	Redução drástica do crescimento, clorose internerval, encarquilhamento e necrose das folhas, morte da gema apical, paralisação de emissão de raízes novas e apodrecimento das raízes secundárias.
Mg	Clorose internerval no segundo par de folhas expandidas, a partir do ápice da muda.
S	Leve redução no crescimento e clorose generalizada, principalmente nas folhas novas (primeiro par de folhas expandidas, a partir do ápice da muda - crescimento suprimido, endurecimento e leve encarquilhamento).

9.3 Micorrizas

Rodrigues et al. (2018), avaliaram três inóculos e mais um tratamento controle (ausência de inoculação de microrganismos micorrízicos), sendo que os inóculos testados foram: Inóculo de *Rhizophagus clarus*; inóculo obtido de plantio de teca do Mato Grosso; e inóculo nativo de Campos dos Goytacazes. Estes autores concluíram que a inoculação com fungos micorrízicos foi benéfica e proporcionou maior eficiência nutricional nas plantas de teca, principalmente quando utilizaram o isolado de *Rhizophagus clarus* e o inóculo de Campos promoveu maior crescimento de parte aérea e raízes, proporcionando maior aporte de K e S.

10. Fotossíntese

As plantas de teca foram submetidas à restrição hídrica por 3 semanas contínuas. Durante a manhã a taxa fotossintética líquida das plantas estressadas foi semelhante às plantas irrigadas, porém no período da tarde, a condutância estomática e a taxa de transpiração diminuíram consideravelmente (Rajendrudu; Naidu, 1997).

Outro fato que pode contribuir com o aumento da taxa fotossintética é a elevação na concentração de CO₂. Mudanças de teca em atmosfera enriquecida com 600 µmol mol⁻¹ de CO₂, apresentaram um aumento nas taxas de assimilação fotossintética em cerca de 28% (Holtum;

Winter, 2003), essa maior assimilação de carbono leva paralelamente à maior acúmulo de biomassa contribuindo com o crescimento do vegetal.

11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Kreitlow et al. (2014), estabeleceram o zoneamento do cultivo da teca no município de Cáceres, no estado do Mato Grosso (Figura 4). Segundo os autores, o município apresenta mais de 500 mil hectares de áreas consideradas aptas ao cultivo de teca, sendo que se localizam nos vales das serras da Província Serrana, locais com relevo plano, apresentando precipitação e temperatura adequada ao cultivo. Paralelamente, o município apresenta mais de 1900000 ha de áreas inaptas, sendo deste total, mais de 1500000 ha não podem ser considerados aptos por fatores de legislação.

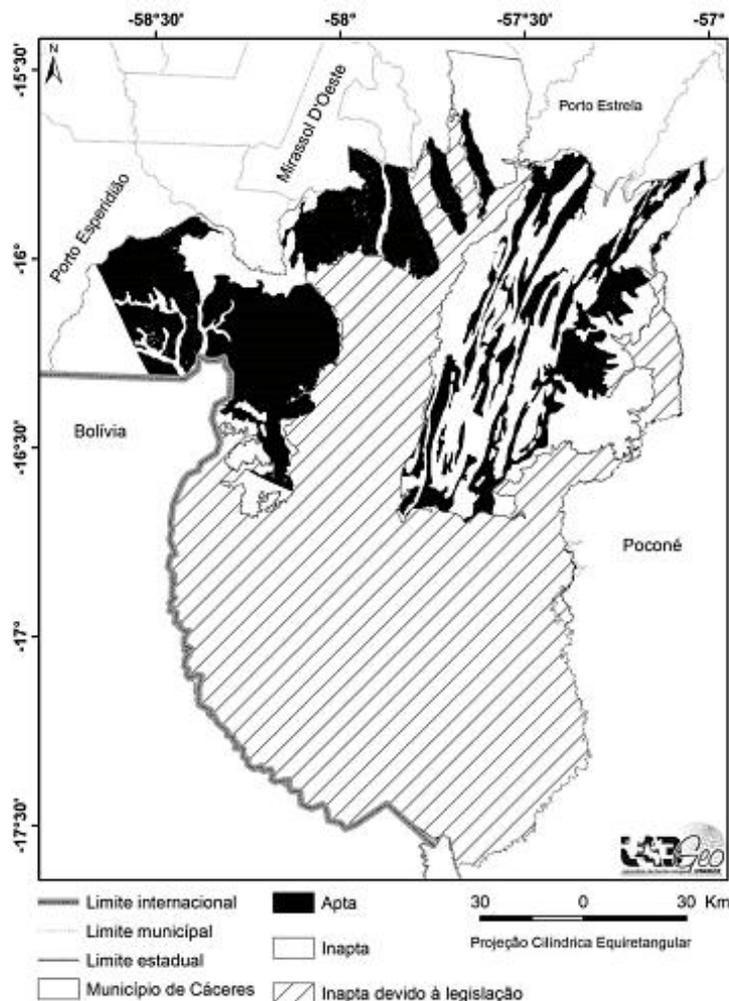


Figura 4. Zoneamento do cultivo de Teca (*Tectona grandis*) no Município de Cáceres/MT (Adaptado de Kreitlow et al., 2014).

Klippel et al. (2013), determinaram o zoneamento climático para quatro espécies florestais no estado do Espírito Santo (Figura 5). Segundo esses autores, de toda a área pertencente ao estado, 33,3% pode ser considerada apta para o cultivo da teca, sendo que a maior parte se encontra na região litorânea ao norte do estado. Em contrapartida, as áreas consideradas inaptas chegam a 66,7%, a principal restrição que impede o cultivo seria a hídrica. Já a região central do estado, atenderia à demanda hídrica necessária pela cultura, mas a faixa de temperatura média predominante (18 a 22°C) não corresponde às temperaturas requeridas pela cultura, afetando o seu desenvolvimento.

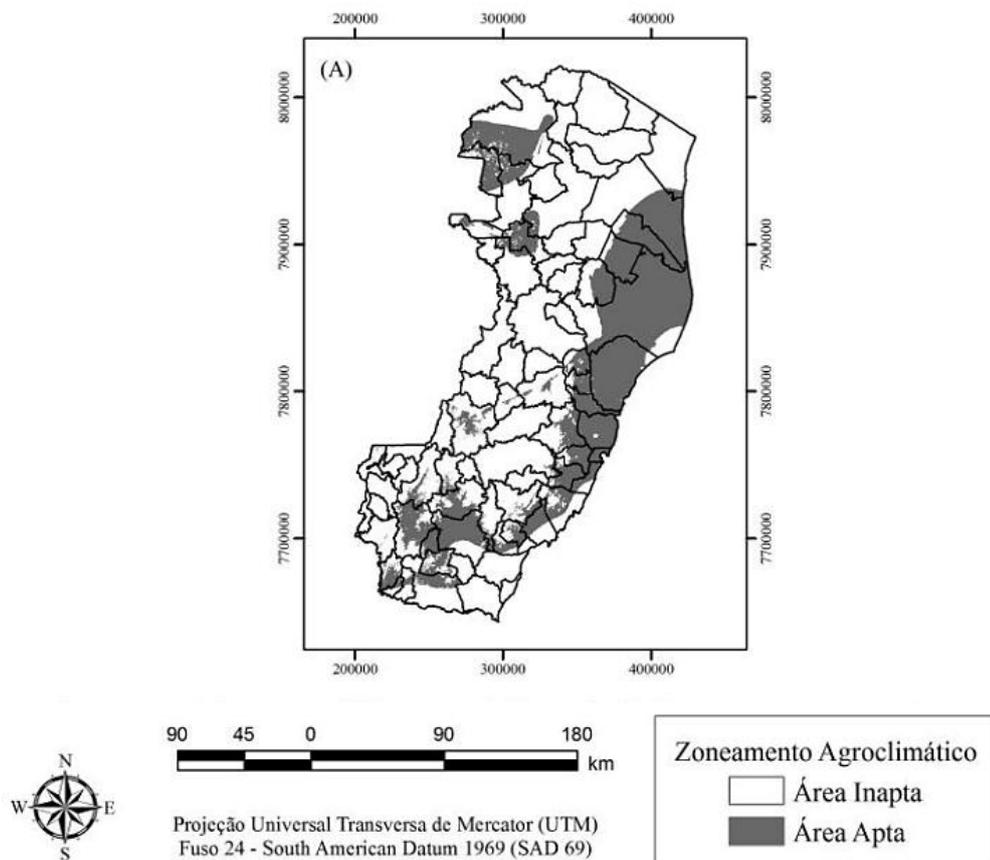


Figura 5. Zoneamento climático para *Tectona grandis* no estado do Espírito Santo (Adaptado de Klippel et al., 2013).

Nappo et al. (2005), determinaram o zoneamento para teca e de mais oito espécies arbóreas no estado de Minas Gerais (Figura 6). Dentre as espécies que os autores analisaram a teca foi a que apresentou a menor área de aptidão, com 1126,94 km², que corresponde a uma pequena porção da Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.



Figura 6. Mapas temáticos das áreas potenciais indicadas para o plantio de *Tectona grandis* no estado de Minas Gerais (Adaptado de Nappo et al., 2005).

12. Estratégias para altas produções

Segundo Figueiredo et al. (2005) os plantios comerciais de teca apresentam grande variação nos valores de produtividade, uma das principais causas dessa amplitude na produtividade seria a adoção de diferentes práticas e manejos pelos produtores (Srimathi; Emmanuel, 1986).

Para as espécies florestais de crescimento rápido e com alta exigência de luz como é o caso da teca, é de extrema importância que haja intervenções no cultivo por meio de técnicas silviculturais que irão determinar a qualidade e a produtividade da madeira produzida (Pérez; Kanninen, 2005). Nesse sentido, a adoção de desbastes é de extrema importância, pois a supressão de indivíduos permitirá maior entrada de luz para os remanescentes, reduzindo a competição intraespecífica, que é ocasionada pelo contato das copas, após o fechamento do dossel, que diminui a quantidade de luz individual por planta (Caldeira; Oliveira, 2008). Um indicativo para a realização do desbaste é o fechamento do dossel (Galloway et al., 2001), o que normalmente acontece entre o terceiro a sexto ano de idade das plantas, quando elas atingem cerca de 8 metros de altura.

Outro fator que deve ser considerado é a densidade de plantas adotada por área, segundo Figueiredo (2001), os plantios de 1666 a 2000 árvores por hectare que adotam um espaçamento de 2,3 x 2,0 m a 3,0 x 2,0 m, apresentaram o melhor desempenho silvicultural.

13. Efeitos de reguladores vegetais

Fermino Júnior et al. (2011), avaliando o enraizamento *ex vitro* de plantas de teca micropropagadas verificaram que o uso de 2000 e 4000 mg L⁻¹ de IBA como solução para a imersão rápida da base das brotações utilizadas, aumentaram o enraizamento das microestacas. Kozgar e Shahzad (2012), também verificaram que microestacas quando

tratadas em meio com 0,46 mg L⁻¹ de ácido naftalenacético (NAA) enraízam em maior proporção.

Kozgar e Shahzad (2012) avaliando estacas de teca tratadas com 0,56 mg L⁻¹ de thidiazuron (TDZ) resultou na indução direta de brotações e em maior crescimento das mesmas por estaca. Segundo esses autores, as citocininas são responsáveis pelo alongamento celular, e pela produção de gemas. Isto se dá pelo balanço auxina/citocinina favorável às citocininas na formação de gemas caulinares *in vitro*.

14. Aproveitamento de resíduos

No cultivo da teca são aproveitados somente o fuste com diâmetro igual ou superior a 15 cm, pela indústria de biomassa, o restante que não atende a essa especificidade, permanece no campo como resíduo, o que gera em torno de 250 m³/ha de resíduos (troncos finos, galhos e galhadas). Lima (2015), averiguou o potencial da utilização dos resíduos da colheita de teca como matéria prima na fabricação de carvão ativado e constatou que os troncos finos, galhos e galhadas são eficientes, pois é uma matéria de grande disponibilidade, de baixo custo, com características físico-químicas favoráveis no processo de produção.

Ohana (2012), avaliou a eficiência do uso dos resíduos gerados no processamento e usinagem da madeira de teca na fabricação de briquetes a partir da casca e serragem. Segundo esse autor os resíduos foram eficientes na confecção dos briquetes, apresentaram poder calorífero compatível para o uso doméstico e comercial, boa resistência mecânica, estabilidade e alta resistência. Porém não é recomendado para o uso em siderurgia, pois produz uma grande quantidade de cinzas.

Nascimento et al. (2016), avaliaram o potencial da serragem da madeira de teca *in natura* e modificada com ácido cítrico no potencial de sorção aos íons cádmio (Cd) e chumbo (Pb). Concluíram que a serragem, tanto tratada com ácido cítrico, como *in natura*, respectivamente, foram eficientes na sorção de Cd e Pb.

Referências

BARROSO, D.G. et al. Diagnóstico de deficiências de macronutrientes em mudas de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 671-679, 2005.

BEHLING, M. **Nutrição, partição de biomassa e crescimento de povoamentos de teca em Tangará da Serra, MT**. 2009. 156f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, 2009.

BEHLING, M. et al. Eficiência de utilização de nutrientes para formação de raízes finas e médias em povoamento de teca. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 5, 2014.

BOARDMANN, R. et al. Forest plantations. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Ed.). **Plant analysis: an interpretation manual**. Melbourne: CSIRO Publ., 1997.

CALDEIRA, B. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas e determinação da percentagem de cerne da madeira de *Tectona grandis***. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2004.

CALDEIRA, S.F.; OLIVEIRA, D.L.C. Desbaste seletivo em povoamentos de *Tectona grandis* com diferentes idades. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 223-228, 2008.

CAMINO, R.D.; PIERRE MORALES, J. **Las plantaciones de teca en América Latina: mitos y realidades**. Cali: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2013.

CASTELLANOS, A. **Efecto del establecimiento de plantaciones forestales de teca (*Tectona grandis* L.) en áreas de potrero sobre las características del suelo en Petén, Guatemala**. 2006. 105 f. Dissertação (Mestrado em Agroforesteria Tropical) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, 2006.

CASTRO, D.D.S. et al. Atividade da redutase do nitrato em folhas de teca (*Tectona grandis* L. f) sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. S2, p. 936-938, 2008.

COIMBRA, E.C.; VAZQUEZ, G.H.; NOGUEIRA, T.O. Superação da dormência e o uso de fungicida em diásporos de teca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1281-1286, 2014.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. New York: New York Botanical Garden, 1988.

DIAS, J.R.M. et al. Quebra de dormência em diásporos de teca (*Tectona grandis* L. f), **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 549-554, 2009.

EMBRAPA. **Notícias de teca (*Tectona grandis*)**. 2007. Disponível em: <<http://www.cpafac.br>>. Acesso em: 13 abr. 2018.

FERMINO JÚNIOR, P.C.P.F.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J.E. Características anatômicas de folhas de teca (*Tectona grandis* L.f) desenvolvidas sob condições de cultivo *in vitro* e *ex vitro*. **Evidência-Interdisciplinar**, Joaçaba, v. 9, n. 1/2, p. 17-28, 2009.

FERMINO JÚNIOR, P.C.P.; RAPOSO, A.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J.E. Enraizamento *ex vitro* e aclimatização de plantas micropropagadas de *Tectona grandis*. **Floresta**, Viçosa, v. 41, n. 1, 2011.

FERNANDES, D.Á.; SOUZA, R.S.; COSTA, R.B. da. Cultivo *in vitro* de teca (*Tectona grandis* L. f): uma revisão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 86, n. 1, p. 32-46, 2011.

FIGUEIREDO, E. **Reflorestamento com teca (*Tectona grandis* L.f) no estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 28 p. (Embrapa Acre. Documentos, 65)

FIGUEIREDO, E.O.; SÁ, C.P.D. **Silvicultura e manejo de povoamentos de teca (*Tectona grandis* L. f)**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2015. 130 p. (Documentos, 138).

FIGUEIREDO, E.O.; OLIVEIRA, A.D.D.; SCOLFORO, J.R.S. Análise econômica de povoamentos não desbastados de *Tectona grandis* L. f, na microrregião do baixo Rio Acre. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 4, p. 342-353, out./dez. 2005

GALLOWAY, G.; UGALDE, L.; VASQUEZ, W. Importance of density reductions in tropical plantations: experiences in Central America. **Forests, Trees and Livelihoods**, Oxfordshire, v. 11, n. 3, p. 217-232, 2001.

GONÇALVES, J.D.M.; MELLO, S.D.M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 219-268.

GONZÁLEZ, W.F. **Manual para produtores de teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica**. San José: Heredia, 2004. Disponível em:
<<https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>>

GYVES, E.M.; ROYANI, J.I.; RUGINI, E. Efficient method of micropropagation and *in vitro* rooting of teak (*Tectona grandis* L.f) focusing on large-scale industrial plantations. **Annals of Forest Science**, London, v. 64, n. 1, p. 73-78, 2007.

HAIG, I.; HUBERMAN, M.; DIN, U.A. **Tropical silviculture**. Rome: FAO, For. and For. Prod. Stud., 1958. v. 1.

HOLTUM, J.A.; WINTER, K. Photosynthetic CO₂ uptake in seedlings of two tropical tree species exposed to oscillating elevated concentrations of CO₂. **Planta**, Berlin, v. 218, n. 1, p. 152-158, 2003.

JUDD, W.S. et al. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. Porto Alegre: Artmed, 200.

KAOSA-ARD, A. Teak (*Tectona grandis* L.) its natural distribution and related factors. **Natural History Bulletin of the Siam Society**, Bangkok, v. 29, p. 55-74, 1989.

KLIPPEL, V.H. et al. Zoneamento climático para teca, cedro australiano, nim indiano e pupunha no estado do Espírito Santo. **Floresta**, Viçosa, v. 43, n. 4, p. 671- 680, 2013.

KRAENZEL, M. et al. Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantations. Panama. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 173, n. 1/3, p. 213-225, 2003.

KREITLOW, J.P. et al. Zoneamento geoambiental da teca no município de Cáceres/Mato Grosso-Brasil. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 31, p. 53-68, 2014.

- KRISHNAPILLAY, B. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. **Unasyuva**, Roma, v. 51, n. 201, p. 14-21, 2000.
- KOZGAR, M.I.; SHAHZAD, A. An improved protocol for micropropagation of teak tree (*Tectona grandis* L.f). **Rendiconti Lincei**, Milano, v. 23, n. 2, p. 195-202, 2012.
- LECHINOSKI, A. et al. Influência do estresse hídrico nos teores de proteínas e aminoácidos solúveis totais em folhas de teca (*Tectona grandis* L. f). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. S2, p. 927-929, 2007.
- LIMA, R.V.D. **Carvão ativado de resíduos de *Tectona grandis***. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003.
- MACEDO, R.L.G. et al. Fenologia e crescimento inicial de *Tectona grandis* L. f (teca) em Lavras, Minas Gerais, **Cerne**, Lavras, v. 13, p. 10, 2007.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.
- NAPPO, M.E.; NAPPO, A.E.; PAIVA, H.D. Zoneamento ecológico de pequena escala para nove espécies arbóreas de interesse florestal no Estado de Minas Gerais. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, v. 5, p. 1-14, 2005.
- NASCIMENTO, J.M.D.; SANTOS, J.J.S.; OLIVEIRA, J.D. Uso da serragem de madeira de teca (*Tectona grandis*) modificada com ácido cítrico na biossorção de íons Cd (II) e Pb (II) Use of wood sawdust teca (*Tectona grandis*) modified with citric acid in the biosorption of Cd (II) and Pb (II). **Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 4, p. 955-968, 2016.
- OHANA, C.C. **Utilização dos resíduos do processamento de teca (*Tectona grandis* L.f) na produção de briquetes**. 2012. 52 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- OLIVEIRA, J.D. **Sistema para cálculo de balanço nutricional e recomendação de calagem e adubação de povoamentos de teca-Nutriteca**. 2003. 93 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- PANDEY, D.; BROWN, C. **Teak: a global overview**. Rome: FAO, 2000. Disponível em: <<https://www.fao.org/4/x4565e/x4565e03.htm>>.
- PASSOS, C.A.M.; BUFULIN JUNIOR, L.; GONÇALVES, M. R. Avaliação silvicultural de *Tectona grandis* L.f, em Cáceres–MT, Brasil: resultados preliminares. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 225-232, 2006.
- PELISSARI, A.L.; CALDEIRA, S.F.; DRESCHER, R. Desenvolvimento quantitativo e qualitativo de *Tectona grandis* L.f em Mato Grosso. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 3, p. 371-383, 2013.

PELISSARI, A.L. et al. Correlação espacial dos atributos químicos do solo com o desenvolvimento da teca em Mato Grosso. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 247, 2012.

PÉREZ, D.; KANNINEN, M. Stand growth scenarios for *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 210, n. 1/3, p. 425-441, 2005.

RAJENDRUDU, G.; NAIDU, C. Effects of water stress on leaf growth and photosynthetic and transpiration rates of *Tectona grandis*. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 40, n. 2, p. 229-234, 1997.

ROCHA, R.B. et al. Caracterização de fatores que afetam a germinação de teca (*Tectona grandis*): temperatura e escarificação. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p.205-212, mar./abr. 2011.

RODRIGUES, L.A.; BARROSO, D.G.; FIQUEIREDO, F.A.M.A. Fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e na nutrição mineral de mudas de *Tectona grandis* L. f. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 25-34, 2018.

SAMBAMURTY, A.V.S.S. **Taxonomy of angiosperms**. New Delhi: IK International Pvt, 2005.

SHOJI SÁNCHEZ, D. **Estudio físico de suelos de dos sitios para determinar la factibilidad del establecimiento de Caoba (*Swietenia humilis* Zucc.) y Teca (*Tectona grandis* L.f)**. 2002. 40 f. Tesis (Ingeniero Agrónomo) - Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 2014.

SILVA, J.E.S. et al. Potencial hídrico, concentrações de ácido abscísico, transpiração e condutância estomática em folhas de teca sob o déficit hídrico. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 62., 2010. Disponível em: <<https://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/resumos/resumos/2061.htm>>.

SLATOR, N.J.; CALLISTER, A.N.; NICHOLS, J.D. Mechanical but not physical dormancy is a cause of poor germination in teak (*Tectona grandis* L. f). **New Forests**, Dordrecht, v. 44, n. 1, p. 39-49, 2013.

SOARES, G.O.D.S. et al. Methods for overcoming dormancy in teak diaspores. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 4, 2017.

SRIMATHI, R.; EMMANUEL, C. Improved teak seeds-management and economics. **Journal of Tropical Forestry**, Jabalpur, v. 2, n. 4, p. 261-266, 1986.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TSUKAMOTO, F.A.D.A.; LAÉRCIO, C.; DIAS, M.M. Análise econômica de um plantio de teca submetido a desbastes. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 487-494, 2003.

VIEIRA, A.H. et al. **Sistema produção de teca para o Estado de Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2007. 25 p. (Sistemas de Produção, 30).

WEAVER, P. *Tectona grandis* L. f, **teak**. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1993. (Research Note, SO-ITF-SM-64).

ZECH, W.; DRECHSEL, P. Multiple mineral deficiencies in forest plantations in Liberia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 48, n. 1/2, p. 121-143, 1992.

JAQUEIRA



JAQUEIRA (*Artocarpus heterophyllus*)

Gabriel Sgarbiero Montanha

1. Introdução

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam) é uma espécie de porte arbóreo oriunda do território indiano, cuja infrutescência é muito consumida e apreciada em países de clima tropical, incluindo o Brasil. Além disso, por apresentar boa qualidade nutricional e textura característica, vem sendo empregada de maneira crescente como fonte proteica em dietas restritas de proteína animal.

No Brasil, a jaqueira é comumente encontrada em diversas regiões do país, embora o seu emprego de forma comercial ainda não esteja bem estabelecido. No entanto, trabalhos a respeito da cultura ainda são escassos. Uma pesquisa realizada na plataforma *Web of Science* no mês de maio de 2021 revelou que 10 dos mais de 800 trabalhos publicados sobre a espécie estão disponíveis em língua portuguesa. Logo, é possível afirmar que existe uma barreira de informação à produção da espécie no país.

Nesse contexto, o presente texto tem como objetivo trazer uma revisão de literatura atualizada e ilustrada sobre os principais aspectos ecofisiológicos da cultura. Todas as informações aqui apresentadas são oriundas de fontes disponíveis na plataforma *Web of Science*. Todas as figuras foram preparadas a partir de fotografias disponíveis sob a licença *Creative Commons CC BY-SA 3.0*.

2. Origem e distribuição geográfica

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), popularmente conhecida como jaca, mesmo nome de seu fruto, é uma espécie perene originária da cordilheira dos Gates Ocidentais, no sudoeste da Índia (Devi et al., 2019; Baliga et al., 2011), e atualmente introduzida e cultivada em grande parte das regiões tropicais e subtropicais do planeta, com destaque para diversos países do sul da Ásia, costa leste africana, partes dos Estados Unidos (estados da Flórida e Califórnia), Porto Rico, além de regiões insulares na Oceania, Pacífico e Caribe, e do Brasil (Baliga et al., 2011; Rahman et al., 1995). Acredita-se que a espécie tenha sido introduzida no país pelos portugueses durante o período colonial (Lorenzi et al., 2006). De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), estima-se a produção mundial de jaca foi da ordem de 3.7 milhões de toneladas entre os anos de 2015 e 2017 (Altendorf, 2018). Conforme apresentado na Figura 2b, mais de 80% dessa produção concentra-se na Índia, Bangladesh, Tailândia, Indonésia e Nepal (Centre for Agriculture and Bioscience International, 2020).

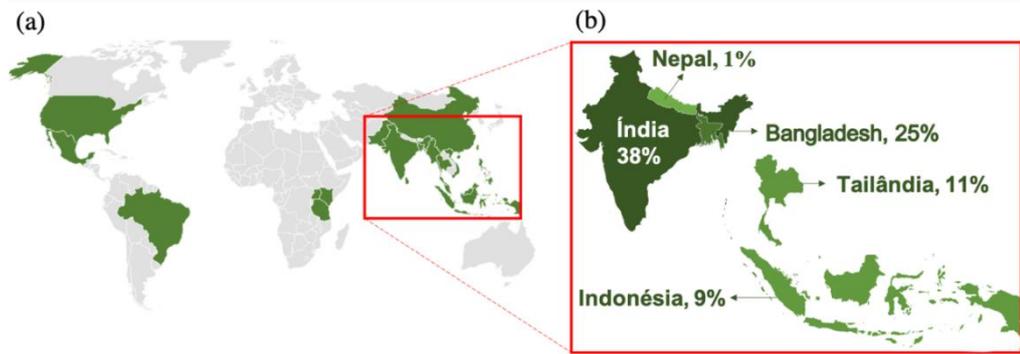


Figura 1. Distribuição geográfica (a) e produção mundial de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) em 2020, com destaque para os cinco países maiores produtores do fruto (Adaptado de Centre for Agriculture and Bioscience International, 2020).

3. Classificação botânica

Taxonomicamente, a jaqueira é espécie uma eudicotiledênea fanerógama do gênero *Artocarpus* e pertencente à família Moraceae, que abriga 37 gêneros e de 1100 espécies, sendo a maioria de porte arbóreo oriundas de regiões tropicais e subtropicais (Francis, 2004; Prakash et al., 2009). A sua classificação é apresentada na Figura 2.

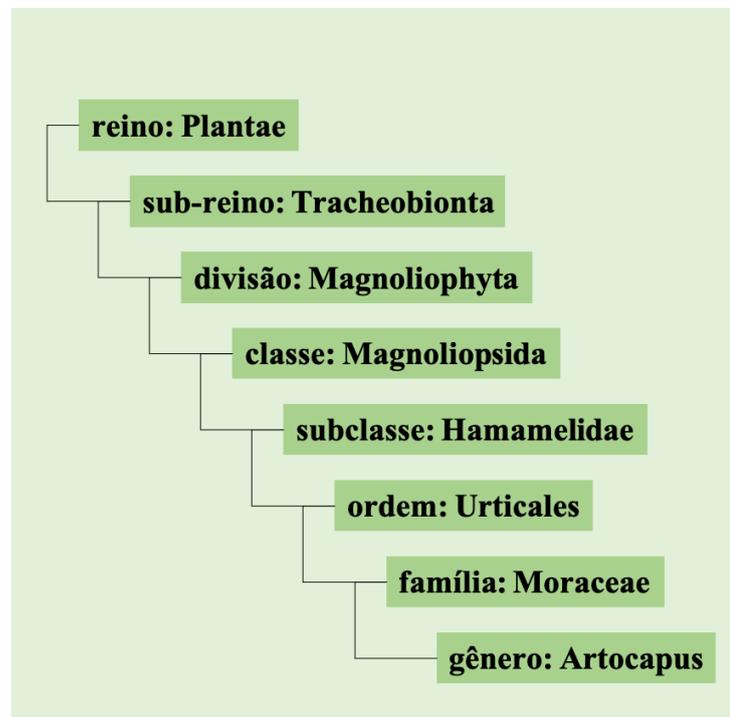


Figura 2. Classificação taxonômica da família gênero *Artocarpus*, que engloba a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

O gênero *Artocarpus*, por sua vez, abriga cerca de 50 espécies com origem em diversas regiões do sul asiático, como Índia, sul da China e Malásia. Dessas, pelo menos uma

dezena destaca-se como fonte de alimento, com destaque para o *Artocarpus altilis*, popularmente conhecido como fruta-pão, originária da Papua-Nova Guiné e muito consumida como alimento em regiões insulares do Pacífico, como a Polinésia. Em menor escala, espécies como *Artocarpus integer* (*chempedak*, em malaio), *Artocarpus rigidus* (jaca de macaco, traduzida do inglês), *Artocarpus chaplasha* e *Artocarpus lackoocha* são também utilizadas como alimento e fonte de madeira nesses territórios (Verheiji; Coronel, 1991). A Figura 3 apresenta a filogenia e detalhes de 11 espécies do gênero *Artocarpus* que apresentam interesse alimentar ou econômico, baseado no sequenciamento de DNA da região do cloroplasto (cpDNA), conforme Kanzaki et al. (1997).

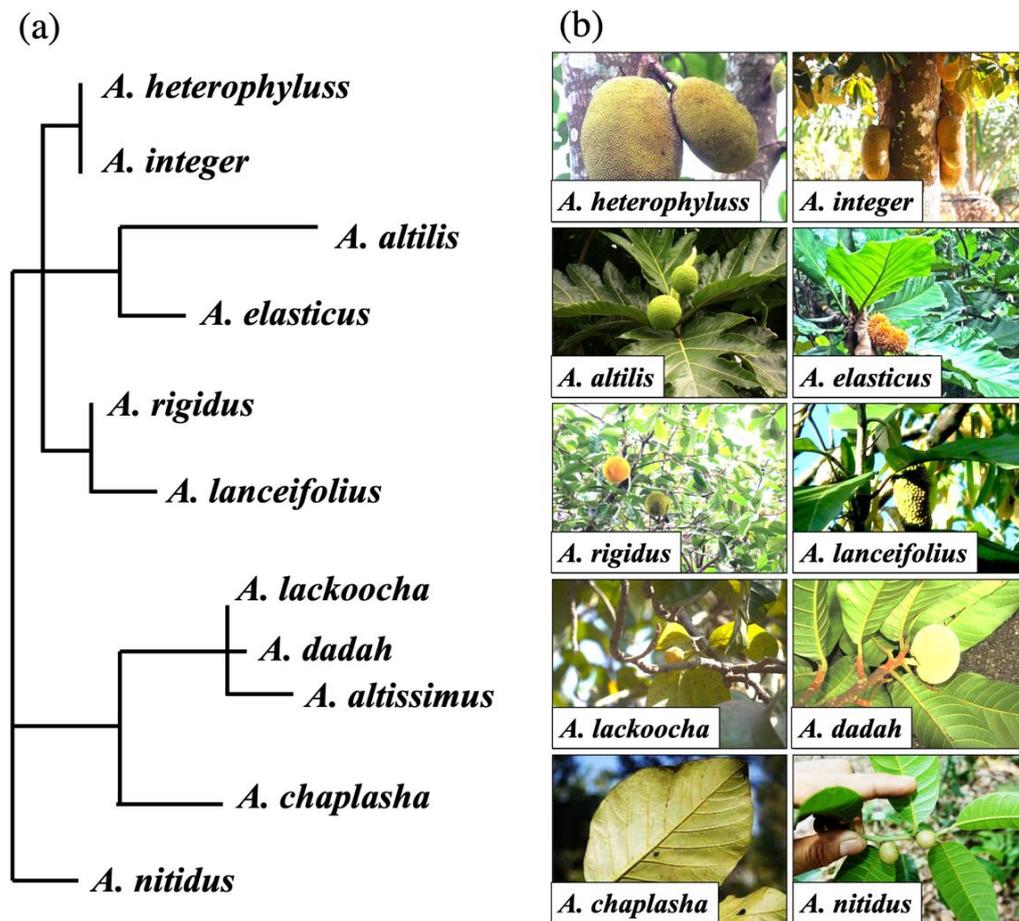


Figura 3. Filogenia (a) e detalhes (b) das principais espécies do gênero *Artocarpus* com interesse agrônômico (Adaptado de Kanzaki et al., 1997- Imagem preparada a partir de fotografias sob licença de Creative Commons CC BY-SA 3.0).

Além disso, diversas variedades de jaca têm sido introduzidas ao longo das últimas décadas, principalmente no leste asiático visando aumento da qualidade e tempo de prateleira dos frutos (Haq, 2006; Love; Paull, 2011).

4. Morfologia, desenvolvimento e anatomia

A jaqueira é uma planta de porte arbóreo médio, com ciclo de vida de aproximadamente 65 anos (Haq, 2006; Prakash et al., 2009) e altura usualmente variando entre 6 e 25 m (Prakash et al., 2009). O seu crescimento se dá de forma mais intensa ($1,5 \text{ m ano}^{-1}$) durante os primeiros anos do desenvolvimento, diminuindo para $0,5 \text{ m ano}^{-1}$ em plantas que se aproximam da maturidade fisiológica (Ranasinghe et al., 2019). Apresenta caule espesso, com crescimento determinado e diâmetro de 47 a 173 cm, envolto por um súber rugoso, com *ca.* de 1.2 cm de espessura, e coloração esverdeada ou preta (Phaomei; Pereira, 2016), com conhecido poder sedativo e abortivo (DEVI et al., 2019). As Figuras 4 a-c evidenciam as dimensões e morfologia do caule.

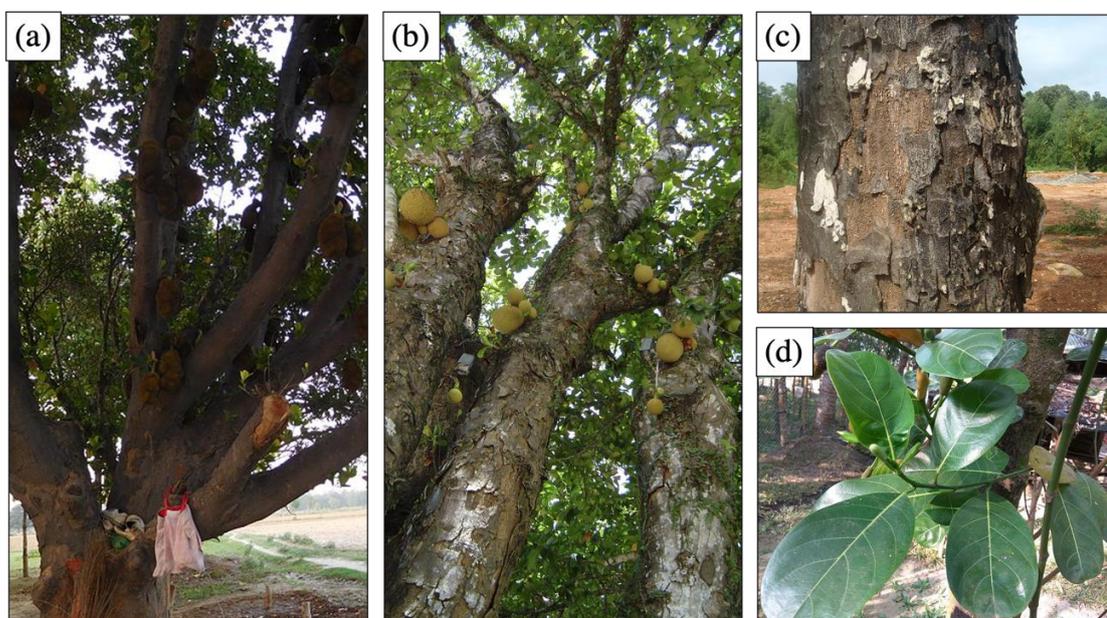


Figura 4. Detalhes do tronco (a-b), casca (c) e folhas (d), evidenciando a sua distribuição oposta e limbo com formato obovado da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam) - Imagem preparada a partir de fotografias sob licença de Creative Commons CC BY-SA 3.0.

Suas raízes são volumosas e encorpadas, atingindo dezenas de metros de profundidade, com um diâmetro entre 45 e 61 cm (Love; Paull, 2011) com desenvolvimento inicial estritamente dependente do hormônio auxina (Roy et al., 1990), apresentando alta sensibilidade à restrição espacial. Devido às características do seu sistema radicular, a jaqueira é também muito empregada no controle de erosão e encharcamento dos solos no sudeste asiático, sendo usualmente cultivadas em regiões de encosta e declives (Khan et al., 2010).

Além disso, as raízes da jaqueira apresentam altas concentrações de tanino, flavonoides e compostos fenólicos (Love; Paull, 2011), e conhecido poder anti-inflamatório. Na medicina popular asiática, são administradas na forma de extratos e associadas ao combate de várias doenças, como asma e condições dermatológicas (Gupta; Tandon, 2004).

As folhas, por sua vez, são simples e alternas, com formato obovado ou elíptico, margens lisas e cerosas, com intensa coloração verde, conforme apresentado em detalhes na Fig. 3-d. Podem também se apresentar estipuladas nas extremidades dos ramos apicais. (Prakash et al., 2009). Contém alta concentração de cálcio (Ca) e sódio (Na), podendo ser empregadas como complemento na nutrição de ruminantes (Haq, 2006). Como caractere conservado dentre as Moraceae, tanto os caules, quanto as folhas e frutos da jaqueira apresentam exsudação de látex (Francis, 2004).

5. Germinação e propagação

A propagação da jaqueira se dá essencialmente através da dispersão de sementes, sendo este o método considerado como o mais rápido custo-efetivo. Por apresentarem viabilidade curta, as sementes são geralmente utilizadas logo após a colheita. Para isso, estas são embebidas em água de um dia para o outro e semeadas em seguida. As sementes geralmente germinam em um período de 3 a 8 dias (Love; Paull, 2011; Sidhu, 2012).

De um ponto de vista agrônômico, entretanto, a propagação via sementes geralmente leva a uma variação significativa nas características da população resultante, como no tamanho das árvores e período de maturação dos frutos (Phaomei; Pereira, 2016). Nesse cenário, métodos de propagação via regeneração de raízes e caules, assim como enxertia e brotação, têm sido empregados nos últimos anos no sudoeste asiático. Em todos os casos de propagação, contudo, as plântulas apresentam melhor desenvolvimento em ambientes sombreados (Love; Paull, 2011).

6. Florescimento e frutificação

Como organismos monoicos, as flores da jaqueira ocorrem na forma de inflorescências axilares solitárias inteiras, masculinas e femininas. As inflorescências masculinas dispõem-se na forma de pedúnculos curtos, enquanto as fêmeas apresentam um receptáculo de forma ovoide (Prakash et al., 2009), e mostram polinização cruzada (Baliga et al., 2011; Morton, 1987), conforme apresentando na Figura 5.

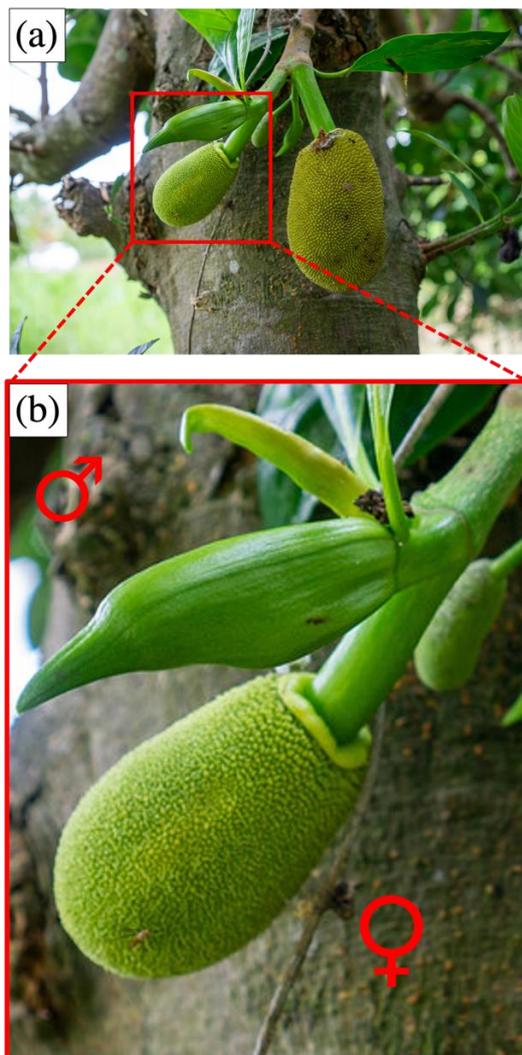


Figura 5. Detalhes das inflorescências solitárias masculinas e femininas da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam) - (Imagem preparada a partir de fotografias sob licença de Creative Commons CC BY-SA 3.0).

Os frutos da jaqueira, popularmente conhecidos como jaca, constituem uma infrutescência de formato cilíndrico e dimensões significativas, podendo atingir 90 cm de comprimento e 50 cm de diâmetro, com peso variando, em média, de 2 a 20 kg. Desenvolvem-se entre três e sete meses após a polinização, e sua ocorrência se dá tanto nos caules principais quanto nos secundários (Baliga et al., 2011), conforme apresentado na Figura 6.



Figura 6. Detalhes da distribuição das infrutescências nos caules da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam) - (Imagem preparada a partir de fotografias sob licença *Creative Commons* CC BY-SA 3.0).

Apresentam uma casca composta por ápices de carpelos com formato hexagonais ou cônicos, que se assemelham a um espinho de coloração verde-amarelada, conforme evidenciado na Figura 7a. O seu interior apresenta uma região central denominado eixo, rica em células produtoras de látex e responsáveis por manter os frutos agrupados. Os frutos, por sua vez, apresentam um perianto que compreende os bulbos, estruturas comestíveis de aspecto carnoso que abrigam as sementes (Prakash et al., 2009), conforme apresentando na Figuras 7 b-d.

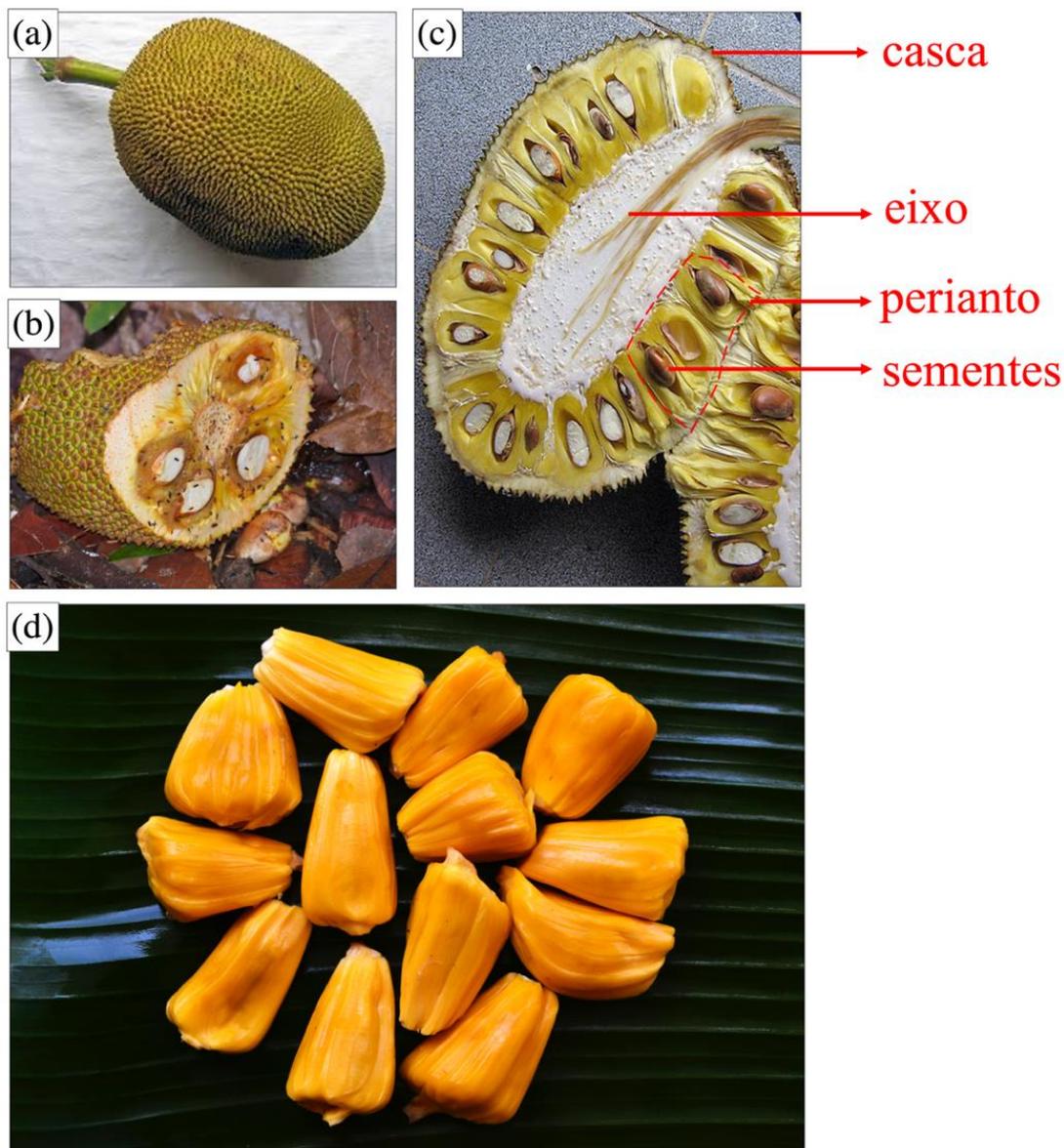


Figura 7. Infrutescência da jaqueira inteira (a), em corte transversal (b) e longitudinal (c), evidenciando as principais estruturas que o compõe, isto é, casca, eixo, perianto e sementes, com destaque para este último (d) porção comestível. (Imagem preparada a partir de fotografias sob licença Creative Commons CC BY-SA 3.0)

Uma jaqueira madura pode produzir de 10 a centenas de frutos. Apresentam frutificação anual, e o período de amadurecimento (Ranasinghe et al., 2019) variável de acordo com a região de cultivo, conforme apresentado na Figura 8. Em áreas de cultivo extensivo, a produtividade é da ordem de 25 toneladas por hectare (Haq, 2006).

Mês de Amadurecimento	Bangladesh	Índia	Indonésia	Tailândia	EUA	Basil
Jan						
Fev						
Mar						
Abr						
Mai						
Jun						
Jul						
Ago						
Set						
Out						
Nov						
Dez						

Figura 8. Período de amadurecimento dos frutos da jaqueira nos principais países produtores (Adaptado a partir de informações apresentadas por Haq, 2006).

7. Aspectos nutricionais

Do ponto de vista nutricional, os frutos da jaqueira apresentam baixo valor calórico e uma grande quantidade de proteínas, cálcio, ferro e tiamina, além de minerais e vitaminas (Ranasinghe et al., 2019). A Figura 9a detalha essa composição.

Nesse contexto, a jaca configura-se como uma fonte nutricional de qualidade comparável à de frutos altamente consumidos em todo o planeta, tais como maçã, abacate e banana abacate (Ranasinghe et al., 2019). A Figura 9b apresenta uma comparação dos valores diários obtidos para alguns nutrientes a partir de uma mesma porção de jaca e banana. As proporções foram calculadas a partir das diretrizes da Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020.

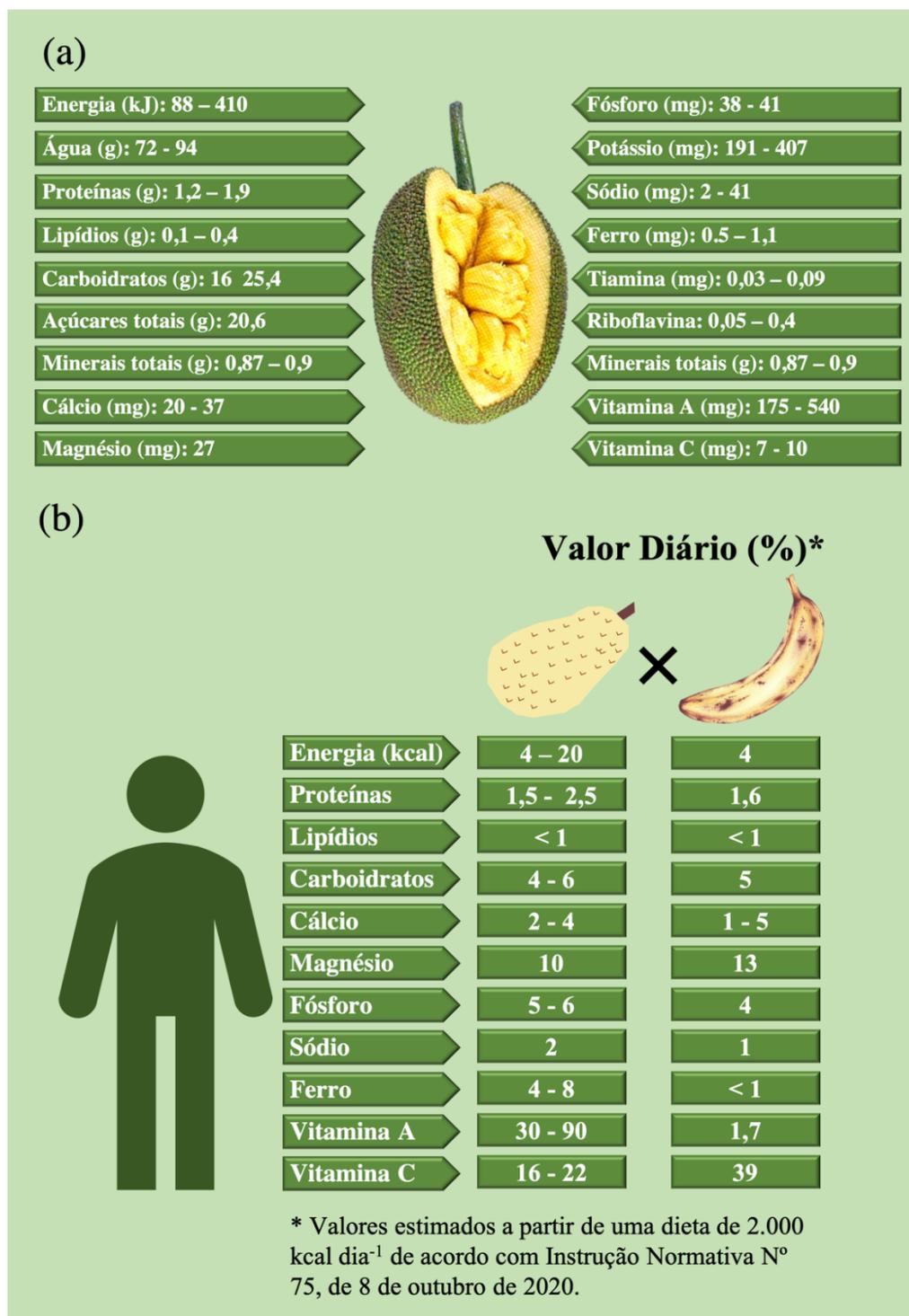


Figura 9. Composição nutricional dos frutos de jaca. Valores estimados a partir de 100 g de fruto (a). Comparação dos valores diários de diversos compostos importantes à nutrição humana obtidos a partir de uma porção de jaca e banana (Adaptados de Ranasinghe et al, 2019 e Borges e Souza, 2004).

8. Estratégias para altas produções

Por ser uma espécie nativa tropical, a jaqueira pode se desenvolver em solos com média ou alta fertilidade, com boa drenagem e pH variando entre 5 e 7,5. Exige temperaturas

entre 19 e 20°C e precipitação anual entre 1000 e 2400 mm. São sensíveis a ventos (Love; Paull, 2011).

Por apresentarem porte arbóreo, possuem moderada tolerância à salinidade, mas baixa tolerância às secas. Nesse contexto, a cultura exige irrigação frequente, pelo menos durante os primeiros anos de desenvolvimento, até raízes atingirem profundidade adequada. Esse processo, contudo, precisa ser contínuo como medida protetiva em regiões áridas (Love; Paull, 2011; Sidhu, 2012).

Informações sobre estratégias de nutrição são escassas. Em território Malaio, recomenda-se aplicação bianual, via solo, de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg) a uma relação de 8:4:2:1 e 30 g por árvore, durante os dois primeiros anos de desenvolvimento, e de 1 kg por árvore uma razão de 4:2:4:1 nos anos subsequentes. Tais recomendações, porém, podem mudar de acordo com a região de cultivo (Sidhu, 2012). A Tabela 2 apresenta uma comparação dos teores recomendados de N, P e K para a cultura da jaqueira em Bangladesh e Índia.

Tabela 2. Recomendações de nitrogênio, fósforo e potássio para a cultura da jaca em função da idade das árvores em Bangladesh e Índia (Adaptado de Sidhu, 2012).

Nutriente (g árvore ⁻¹ ano ⁻¹)	Idade das árvores (anos)					
	2 - 4	5 -7	8 - 10	1 -3	4 - 7	> 7
	Bangladesh			Índia		
N ou ureia	200	250	300	200	400	600
P	250	250	500	120	240	300
K	100	200	250	60	120	240

Estudos conduzidos a partir de propagação *in vitro* demonstraram a influência da auxina (IAA), do ácido indolbutírico (IBA) e do ácido naftalenacético (NAA) no desenvolvimento do sistema radicular da jaqueira. No entanto, exemplos de aplicações de biorreguladores na cultura são escassos (Roy et al., 1990).

9. Pragas e doenças

A jaqueira apresenta susceptibilidade a fungos e bactérias, responsáveis pela manifestação de diversas condições, por exemplo, apodrecimento de sementes, flores e frutos (*blossom rots*) causado pela infecção do fungo *Rhizopus artocarp*, conforme mostrado na Figura 10, ou aparecimento de manchas rosadas em folhas e frutos, efeito da infecção por *Corticium salmonicolor*, que pode comprometer o desenvolvimento dos frutos e a

produtividade da cultura. Além disso, tanto as estruturas vegetativas quanto os frutos da jaqueira estão sujeitos a ações de insetos, como brocas, cochonilhas e pulgões, que podem afetar o metabolismo da planta, e conseqüentemente, a qualidade dos frutos (Paull; Duarte, 2011).

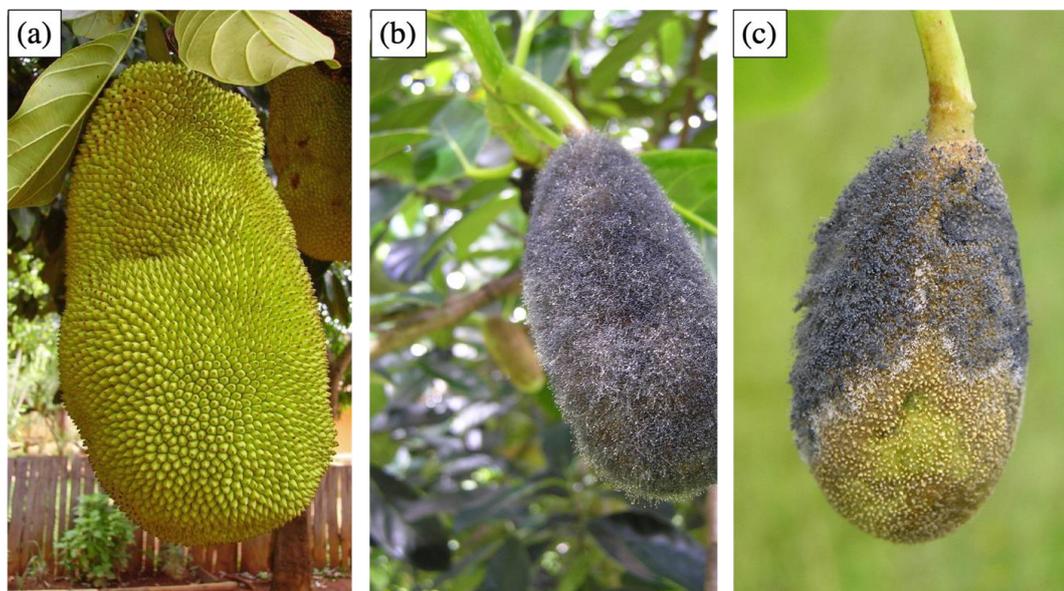


Figura 10. Detalhes de infrutescência da jaqueira sadia (a) ou afetada pela infecção de *Rhizopus artocarpi* (b-c). (Imagem preparada a partir de fotografias sob licença *Creative Commons CC BY-SA 3.0*).

Referências

ALTENDORF, S. Minor tropical fruits. **Food Outlook, FAO Fruits Outlook**, Rome, n. 1, p. 67-75, 2018.

BALIGA, M.S. et al. Phytochemistry, nutritional and pharmacological properties of *Artocarpus heterophyllus* Lam (jackfruit): a review. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 1800-1811, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 75 de 8 de outubro de 2020: estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2020.

BORGES, A.L.; SOUZA, L.S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2004. 279 p.

CENTRE FOR AGRICULTURE AND BIOSCIENCE INTERNATIONAL. *Artocarpus heterophyllus* (jackfruit). In: CABI. **Invasive species compendium**. Disponível em: <<https://www.cabi.org>>. Acesso em: 02 maio 2021.

DEVI, P.S.; KUMAR, N.S.; SABU, K.K. Phytochemical profiling and antioxidant activities of different parts of *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae): a review on current status of knowledge. **Future Journal of Pharmaceutical Sciences**, Cairo, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2019.

FRANCIS, J.K. Tropical ecosystems: *Ficus* spp. and other important Moraceae. In: BURLEY, J. (Ed.). **Encyclopedia of forest sciences**. Amsterdam: Elsevier, 2004. p. 1699-1704.

GUPTA, A.K.; TANDON, N. (Ed.). **Reviews on Indian medicinal plants**. New Delhi: Indian Council of Medical Research, 2004.

HAQ, N. Fruits for the future 10: jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). **Experimental Agriculture**, London, v. 43, n. 3, p. 407-408, 2006.

KANZAKI, S. et al. Phylogenetic relationships between the jackfruit, the breadfruit and nine other *Artocarpus* spp. from RFLP analysis of an amplified region of cpDNA. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 57-66, 1997.

KHAN, R. et al. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) diversity in Bangladesh: land use and artificial selection 1. **Economic Botany**, New York, v. 64, n. 2, p. 124-136, 2010.

LORENZI, H. et al. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

LOVE, K.; PAULL, R.E. Jackfruit. **Fruits and Nuts**, Washington, v. 1, p. 2-7, 2011.

MORTON, J.F. Fruits of warm climates. **Creative Resources Systems**, v. 1, p. 58-63, 1987.

PAULL, R.E.; DUARTE, O. **Tropical fruits**. Wallingford: Centre for Agriculture and Bioscience International, 2011. v. 1, 327 p.

PHAOMEI, G.; PEREIRA, L.S. Evaluation of diversity in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) in Tikrikilla block of West Garo Hills (Meghalaya). **Current Horticulture**, Ghaziabad, v. 4, n. 2, p. 11-16, 2016.

PRAKASH, O. et al. *Artocarpus heterophyllus* (Jackfruit): an overview. **Pharmacognosy Reviews**, Mubmai, v. 3, n. 6, p. 353, 2009.

RAHMAN, A.M. et al. Microscopic and chemical changes occurring during the ripening of two forms of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.). **Food Chemistry**, Barking, v. 52, n. 4, p. 405-410, 1995.

RANASINGHE, R.A.S.N.; MADUWANTHI, S.D.T.; MARAPANA, R.A.U.J. Nutritional and health benefits of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.): a review. **International Journal of Food Science**, Oxford, n. 6, p. 1-12, Jan. 2019. DOI:10.1155/2019/4327183.

ROY, S.K.; RAHMAN, S.L; MAJUMDAR, R. *In vitro* propagation of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). **Journal of Horticultural Sciences**, Bangalore, v. 65, p. 355-358, 1990.

SIDHU, A.S. **Jackfruit Improvement in the Asia-Pacific Region**: a status report. Bangkok: Asia-Pacific Association of Agricultural Research Institutions, 2012. 182 p.

VERHEIJ, E.W.M.; CORONEL, R.E. **Plant resources of South-East Asia**. Wageningen: Plant Resources of South-East Asia, 1991. (Edible Fruits and Nuts, 2).

LONGAN



LONGAN (*Dimocarpus longan*)

Guilherme A. Buonadio

Walleska Silva Torsian

1. Introdução

A procura pela diversidade de culturas tem proporcionado aumento do interesse no cultivo de frutíferas exóticas. O Brasil, devido à diversidade de vários tipos de solos e climas possui potencial para cultivo de diversas espécies frutíferas (Simão, 1998).

Em 2005, foram vendidas aproximadamente mais de um milhão de toneladas de frutas no CEAGESP. As frutas exóticas representaram cerca de 0,08%, sendo que as frutas da família Sapindaceae simbolizaram 31,9% desse total, com destaque para a lichia (*Litchi chinensis*), fruta mais consumida entre as espécies exóticas (Godas et al., 2006).

O longan (*Dimocarpus longan* Lour) é uma espécie frutífera bastante conhecida na Ásia. Em países tropicais e subtropicais, é muito consumida e sua produção é bastante satisfatória. Comercialmente, o longan é reconhecido apenas na China, Tailândia e Vietnam. Porém, Austrália, Flórida e Havaí mostram crescimento no consumo e cultivo comercial (Jesus, 2007).

O longan é considerado uma cultura economicamente importante em vários países da Ásia. Seu papel na economia tem aumentado muito para a geração de emprego e renda.

Porém, apesar de sua importância, existe escassez de informações sobre a cultura ou, algumas vezes, as publicações encontram-se desatualizadas.

O fruto de longan também se assemelha ao fruto de lichia, ambos pertencentes à família Sapindaceae, uma das mais conhecidas. Os frutos são consumidos tanto *in natura* ou em diversas sobremesas. Porém, a lichia tem maior aceitação de consumo do que o longan. Sendo que na Tailândia, ocorre o inverso, o longan tem maior produção e aceitação com relação à lichia (Choo, 2000).

Segundo Subhadrabandhu e Yapwattanaphum (2001), a China caracteriza-se como o país com maior produção mundial de longan, o cultivo é realizado há 2000 anos, com área plantada de 444.400 ha e 500.000 toneladas, em 1997. O longan possui cerca de 400 cultivares e fornece frutos o ano inteiro. A Tailândia é considerada o segundo maior produtor mundial, com 41.504 ha e produção de 238.000 toneladas, tornando-se o maior exportador de frutos de longan. É uma das frutas mais populares na Ásia, com comércio que movimenta altos volumes de recursos, razão que vem despertando a curiosidade e o interesse de produtores brasileiros (Lorenzi et al., 2015).

No ano de 2017 foram comercializadas cerca de cinco toneladas de longan no CEAGESP e o mesmo ocupa a posição 297º de produto mais comercializado no CEAGESP. Os municípios que mais destinam longan para o Entrepasto de São Paulo são Santa Rita do Passa Quatro e São João da Boa Vista com 71% e 4,5%, respectivamente, de produtividade.

2. Origem e distribuição geográfica

O longan (*Dimocarpus longan*) é um fruto subtropical da família Sapindaceae, originário do Sul da China e de origem asiática. O centro de origem do longan ainda é muito incerto, para Tindall (1994), o longan teve origem nas montanhas de Mianmar, no Sul da China até o sudoeste da Índia e Sri Lanka. Árvores silvestres foram encontradas em florestas tropicais no centro de Hainan e sudoeste de Yunnan (Zhuang et al., 1998).

Visto que alguns autores acreditam que seja no Sul da China, outros, no sudoeste da Índia, porém a China é o centro preliminar de origem do longan, em Yunnan. Essas informações são baseadas nas características do porem e evolução das espécies silvestres de cultivo na China (Choo, 2000).

Na Tailândia, existem três tipos de longan que podem ser identificados de acordo com a variedade longan (Subhadrabandhu, 1990). Os tipos são:

Primeiro tipo: árvores de grande porte encontradas em florestas com pequenos frutos que podem ser usadas como material reprodutivo;

Segundo tipo: são nativos de longan, os ramos são quase eretos, frutas pequenas com sementes grandes, encontrados no norte da Tailândia sendo usados como porta-enxertos para a variedade comercial;

Terceiro tipo: são as variedades comerciais de longan com frutas grandes e sementes pequenas.

A China, atualmente é considerada a maior agroindústria em área cultivada e com produção de 608.500 toneladas em 465.600 ha no ano 2000, com a seguinte distribuição (Tabela 1).

Tabela 1. Área cultivada e produção das principais regiões produtoras da cultura do longan, na China (Adaptado de Wong, 2000).

Região produtora	Área cultivada (ha)	Produção (t)
Guangdong	157.500	346.000
Guangxi	202.400	150.900
Fujian	96.000	110.400
Sichuan	2.364	1.200
Yunnan	3.000	450
Hainan	9.400	890

Na Tailândia, o longan é uma das frutas mais apreciadas, com 358.420 toneladas produzidas em 52.971 hectares em 2000, perdendo apenas para a produção da China. Na Tabela 2 é demonstrada a produção do longan na Tailândia, pelo Departamento de Agricultura, Bangkok, 1999.

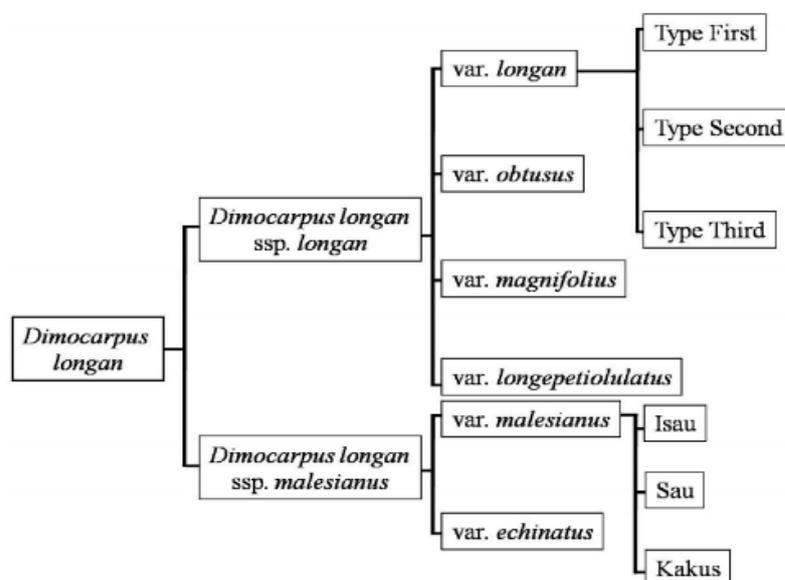
Tabela 2. Produção do longan na Tailândia (Adaptado do Departamento de Agricultura de Bangkok, 1999).

Região produtora	Área cultivada (ha)	Produção (t)
Chiang Mai	16.467	56.197
Lamphun	16.280	49.351
Chiang Rai	4.021	11.286
Lampang	1.567	4.084
Payao	1.551	4.266
Nan	1.522	3.721
Chantaburi	1.529	3.853

3. Classificação botânica

Pertence a divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, subclasse *Rosidae*, ordem *Sapindales*, família *Sapindaceae*. Possui 200 gêneros e 2000 espécies. Um dos gêneros é o *Dimocarpus* com *Dimocarpus longan* sendo uma das espécies presentes e a mais cultivada comercialmente, com maior presença na Ásia (Leenhouts, 1973; Barroso, 1984; Carvalho, 1998).

A espécie *Dimocarpus longan* apresenta duas subespécies, *longan* e *malesianus*. Porém, a subespécie *longan* é a mais cultivada, recebendo o táxon *longan* spp. (Subhadrabandhu, 1990).

**Figura 1.** Taxonomia de *Dimocarpus longan* (Adaptado de Subhadrabandhu, 1990).

Longan é caracterizado como o nome comercial da fruta, podendo ser também chamada de longana ou lungan. Em chinês significa “olho-do-dragão”, outro nome de característica comercial, devido à polpa branca e semente brilhante (Choo, 2000; Galan-Sauco, 1990).

Tabela 3. Classificação botânica por Engler e Cronquist

Classificação	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledonae	Magnolipsida
Subclasse	Archychlamydeae	Rosidae
Ordem	Sapindales	Sapindales
Família	Sapindaceae	Sapindaceae
Gênero	<i>Dimocarpus</i>	<i>Dimocarpus</i>
Espécie	<i>Dimocarpus longan</i>	<i>Dimocarpus longan</i>

Existe vários cultivares de longan no Sudeste Asiático, entretanto, a diversidade entre cultivares é menor em outras regiões, dentre esses, podem-se citar alguns:

- **Chuliang:** possui qualidade superior em relação aos outros cultivares. É adequado para processamentos, possui rendimento alto e estável e por isso esse cultivar foi premiado com o “Prêmio de Ouro” na Primeira Exposição Agrícola da China, em 1992 e ganhou o título de “Produto de Marca Famosa” (Liu et al., 2000);

- **Shixia:** cultivada há mais de 140 anos, as frutas são pequenas com teor de sólidos solúveis de 20° Brix. É ideal para consumir como fruta fresca. Cultivar adequado para plantios adensados (Menzel et al., 1990);

- **Wuyuan:** cultivar utilizado para porta-enxerto devido a seu vigor (Menzel et al., 1990);

- **Longhungyen:** é o cultivar mais importante na região norte do Vietnã, produz em condições subtropicais e apenas uma safra por ano (Menzel et al., 1990);

- **Kohala:** é o mais popular na Flórida, EUA. As frutas são grandes com sabor doce aromatizado (Menzel et al., 1990);

- **Egami:** esse cultivar tem origem no Havaí com produção de mais de 50 frutas por panícula (Menzel et al., 1990).

4. Características gerais

Longan é uma árvore subtropical perene, sensível à geada e longos períodos com temperaturas abaixo de zero. Desenvolvem bem com temperaturas variando entre 15°C a 22°C. Necessita de alta umidade no solo para bom desenvolvimento do fruto, com precipitação de 1.500 mm distribuída regularmente, o déficit hídrico prejudica o florescimento, podendo reduzir a produtividade, entretanto, chuvas em excesso diminuem a viabilidade do pólen (Choo, 2000).

Com sensibilidade a ventos fortes, são utilizadas mudas tutoradas para reduzir danos causados pelo vento, contudo, é na colheita que ocorre mais danos, devido a alta carga de frutos produzidos (Menzel et al., 1990). Preferem solos arenosos a aqueles um pouco ácidos. Na Tailândia, a maior produtividade vem de solos aluviais, com água e matéria orgânica elevada. E no sul da Austrália, é preferido para solos pesados, com fertilidade e drenagem elevada (Choo, 2000).

Pode atingir altura de até 20 metros, com copa redonda ou ereta e densa com tronco rugoso, podendo ser frágil. Os galhos são eretos dependendo do genótipo. Com folhas pecioladas e alternas, e número variável de folíolos (Galan-Sauco, 1990). As inflorescências são terminais, com presença de flores pequenas de coloração marrom a amarelo.

A emergência de panículas começa no final de dezembro e termina no final de fevereiro (Sritontip et al., 2013). As flores ficam alocadas na panícula e podem ser de três tipos: estaminadas (presença do androceu), pistiladas (presença do gineceu) e flores hermafroditas (presença de androceu e gineceu) (Choo, 2000). As flores masculinas abrem primeiro, depois as femininas e por último as hermafroditas, finalizando o ciclo.

A polinização mais eficaz é realizada por insetos (Galan-Sauco, 1990; Choo, 2000). Do florescimento à colheita são em média de 150 a 210 dias, variando de acordo com o cultivar e o clima. Uma panícula pode apresentar até 80 frutas individuais com peso entre cinco e 20 gramas. Os frutos apresentam casca fina coriácea de coloração marrom quando maduros, com succulência e sabor doce, adstringente ou aromático. A polpa do longan é branca translúcida com até 75% do peso do fruto (Choo, 2000). A semente é classificada como pequena e redonda com coloração preta bem brilhante (Choo, 2000). A composição de 100g da porção comestível do longan é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Composição nutricional do fruto de longan (Adaptado de Wong; Saichol, 1991).

Caloria/unidade	109.0
Proteína (g)	1.0
Carboidrato (g)	25.2
Fibra (g)	0.4
Cálcio (mg)	2.0
Fósforo (mg)	6.0
Ferro (mg)	0.3
Vitamina A (I.U.)	28.0
Vitamina B1 (mg)	0.04
Vitamina B2 (mg)	0.07
Vitamina C (mg)	8.0

O fruto em questão tem potencial para aproveitamento da polpa na indústria de beneficiamento de sucos, por apresentar quantidades apreciáveis de vitamina C, acidez, resíduos minerais fixos e alta relação SST/ATT, licores, doces, sorvetes, aguardente, geleias etc. Além disso, o longan tem muitas propriedades medicinais, o consumo da fruta *in natura*, previne gripes e resfriados, favorece o sistema imunológico, melhora a aparência da pele, contribui para redução do estresse, melhora o funcionamento do intestino, favorece a perda de peso, previne anemia, reduz febre e ameniza problemas de insônia. Suas folhas são utilizadas no tratamento de alergias, doenças cardiovasculares e diabetes.

Em árvores jovens com quatro anos de plantio, devem-se realizar poda de formação para obter um dossel que permita boa penetração de luz. Excesso de brotos e ramos devem ser removidos e é importante deixar apenas ramos produtivos e vigorosos. A poda no longan, realizada de forma correta, produz boa formação da copa das árvores, fortalece ramos que produzem frutos, assegura a colheita anual e limita o desenvolvimento de pragas e doenças (Choo, 2000).

A colheita em si é uma forma de poda, já que a panícula inteira é removida. Após a colheita é importante retirar panículas restantes ou ramos que são menos propensos de frutificar no próximo ano, caso isso não aconteça, os brotos laterais emergem e acarretam o desenvolvimento de inflorescências tardias (Choo, 2000).

5. Germinação e propagação

A germinação acontece entre 7 a 10 dias, com crescimento da muda inicialmente lento e com desenvolvimento da planta em sete anos. Para Fachinello et al. (1995), a propagação vegetativa é a prática para disseminar as espécies de maneira ponderada, com o objetivo de aumentar a quantidade de plantas e garantir a continuidade da espécie.

O longan é propagado assexuadamente por meio de alporquia, principal método utilizado, porém com resultados variáveis devido a vários fatores tanto do desgaste da planta matriz quanto de um sistema trabalhoso que resulta em rendimento baixo e mudas com preços elevados. A maior vantagem da alporquia é a precocidade do início da produção, comparado com plantas produzidas sexuadamente (Galan-Sauco, 1990).

Também pode ser propagado por enxertia com a desvantagem da incompatibilidade, logo são utilizados porta-enxertos do mesmo cultivar e, sexuadamente por semente, sendo que essa não é recomendada, devido à demora na produção de frutos que ocorre entre sete e oito anos e a grande variabilidade que dificulta o sistema de produção (Liu; Ma, 2001). Logo, o uso de propagações vegetativas é mais recomendado com o próprio material de plantio. A propagação mais utilizada na China é a alporquia (Choo, 2000) considerada simples e menos drástica, requerendo menor cuidado com o ambiente (Campos, 2010).

A alporquia impulsiona o enraizamento de um segmento do ramo ainda acoplado à planta-matriz, possibilitando melhores condições para o enraizamento (Hartmann et al., 2011). É realizado um anelamento no ramo, removendo o córtex e logo após, essa parte é envolvida com substrato que fornece água, nutrientes e oxigênio (Lima et al., 2010). Esse anelamento proporciona que fotoassimilados e hormônios vegetais conduzidos pelo floema fiquem reclusos na região da alporquia, induzindo o sistema radicular (Araújo et al., 2004).

A alporquia segundo Choo (2000) apresenta altas taxas de sucesso entre 80 e 90% de propagação vegetativa. A propagação por alporquia é realizada em épocas chuvosas, com duração de dois a cinco meses, permitindo a aclimatização do enraizamento antes do plantio no campo. Outro método de propagação vegetativa utilizado é a enxertia. Cujas técnicas são caracterizadas como forma de disseminar plantas livres de pragas e doenças (Xavier et al., 2013). Baseada na junção de dois fragmentos de tecidos vegetais de origens diferentes, ocorrendo o desenvolvimento e dando origem a uma nova planta (Hartmann et al., 2011).

6. Desenvolvimento das folhas

Hutchinson (1959) apresentou as principais características da Sapindaceae, árvores ou arbustos com folhas alternas ou raramente opostas, simples ou compostas, apresentando duas

folhas elípticas conectadas na base do pecíolo. Folhas normalmente glabras, às vezes, com presença de pelos.

As folhas compostas são dispostas alternadamente nos ramos e são estreitas, variando entre 8 a 14 cm de comprimento, com coloração verde escuro brilhante na superfície adaxial e mais verde pálido na superfície abaxial da folha (Watson, 1980). As folhas jovens são marrom-avermelhadas tornando-se verde-escuras quando ao longo do desenvolvimento foliar.

7. Desenvolvimento do caule

As hastes são lenhosas ou menos herbáceas. As hastes lenhosas têm geralmente de um a quatro centímetros de diâmetro. Na Sapindaceae, no geral, 67% das espécies têm hastes simples, os restantes são de hastes compostas. O caule é semelhante à haste composta, porém com o desenvolvimento de cilindros vasculares durante o crescimento primário. O caule da Sapindaceae é cilíndrico, estriado, costado ou sulcado (Klaassen, 1999). A presença de porosidade difusa, camadas de crescimento indistintas, vasos solitários e placas de perfuração simples são algumas características da família das Sapindaceae, classificadas por Klaassen (1999).

8. Desenvolvimento de raízes

Devido ao fato das poucas publicações científicas, o desenvolvimento de raízes deste parágrafo foi relatado do modo que ocorre na cultura da lichia (*Litchi chinensis*), que pertencente à mesma família do longan, Sapindaceae. O sistema radicular pode estar associado às micorrizas que são associações de fungos e raízes da planta, auxiliando na absorção de água e sais minerais do solo, trazendo benefício para as espécies envolvidas. As plantas oriundas de sementes possuem raiz pivotante e bastante alongada, e essa, pode ser ausente em plantas propagadas por enxertia (Castro et al., 2008).

O longan é menos exigente e mais previsível do que a lichia, sendo sensível a temperatura abaixo de zero e geadas. Desenvolve bem em solos arenosos e moderadamente bem em solos arenosos ácidos. Na Tailândia, os solos com alta produção são os solos aluviais com acesso ao lençol freático, por onde as raízes percorrem cerca de dois a quatro metros de distância. No leste da Austrália, os solos ideais para o cultivo de longan são solos de textura fina com alta fertilidade e boa capacidade de retenção de água. Normalmente, solos úmidos ou solos argilosos pesados devem ser evitados, pois dificulta o crescimento de raízes (Choo, 2000).

Devido à planta possuir até 20 metros de altura, a mesma tem a tendência de desenvolver ramos direcionados para o solo. O sistema radicular é do tipo pivotante, com raízes absorventes sendo distribuídas no perfil do solo até um metro de profundidade (Choo, 2000). O longan possui sistema radicular profundo e pode se desenvolver em longos períodos de seca (Menzel et al., 1990).

As árvores devem ser plantadas no início da estação chuvosa, compactando o solo para ter a interação entre o sistema radicular e a massa do solo. O espaçamento de plantio varia de 6x6 metros até 12x12 metros, com densidades de árvores variando de 70 a 300 árvores por hectare. Para garantir a distribuição de produtividade é recomendado o uso de cultivares com diferentes tempos de maturidade.

Carboidratos, substâncias nitrogenadas, aminoácidos, auxinas e compostos fenólicos auxiliam no surgimento de raízes adventícias. Tais substâncias são oferecidas pelas folhas e acumulam nas raízes. A morfologia interna da planta está diretamente relacionada com a formação de raízes (Hartmann et al., 1997). Existem espécies ou cultivares com maior facilidade de enraizamento devido à influência da variabilidade genética na formação de raízes (Couvilon, 1988). A concentração de auxinas é importante para a ocorrência do enraizamento.

A idade da planta matriz também é considerada um fator ecológico para o enraizamento, uma vez que é preferível retirar estacas de plantas juvenis, pois possuem maior capacidade de formação de raízes do que estacas oriundas de plantas adultas, devido ao aumento de inibidores e diminuição de promotores de crescimento (Fachinello et al., 1995).

9. Relações hídricas

Chuvas anuais bem distribuídas são importantes para a produtividade de longan, o ideal é que seja entre 1.200 a 1.400 mm em 100 a 150 dias chuvosos durante a emergência de panícula até a pós-colheita. As árvores normalmente são irrigadas nos primeiros quatro anos de plantio. O sistema de irrigação por gotejamento é o mais indicado para altas produções.

O uso de cobertura morta vegetal é recomendado para reduzir perdas de água do solo e aumentar o teor de matéria orgânica, reduzindo a temperatura do solo. Se aplicada corretamente, a cobertura morta ajuda no controle de plantas invasoras. A irrigação na Ásia é rara devido aos custos elevados ou falta de infraestrutura. Déficits hídricos afetam a fisiologia da planta, fecham os estômatos e reduzem a assimilação de CO₂, prejudicando a expansão foliar e o crescimento dos frutos (Menzel et al., 1990).

Com relação às necessidades de água para a planta, o ideal seriam os locais com períodos de seca durante o repouso vegetativo, com pouca água disponível no solo, chuvas pouco intensas, escassas. Já nos períodos de forte florescimento, fixação, frutificação, desenvolvimento e amadurecimento dos frutos, necessitam-se de muita água disponível no solo, fornecida pelas chuvas ou pela prática da irrigação. Pode ser adotado qualquer sistema de irrigação, como por meio de inundação ou aspersão, embora os melhores sistemas sejam por gotejamento e por microaspersão, os quais têm apresentado melhores resultados na produtividade, em diversos países produtores.

O plantio dessas fruteiras deve ser feito durante o período chuvoso (outubro a fevereiro). A planta necessita em torno de 1.500 mm durante o seu ciclo e períodos de seca durante o florescimento podem reduzir a produtividade, entretanto, chuvas excessivas durante o florescimento diminuem a taxa de polinização. Tampouco elas são favoráveis durante a fase prévia de floração da planta, uma vez que ela requer um período de estresse durante 2 a 3 meses, para impedir a brotação vegetativa, sabendo-se que a planta começa a crescer, quando não existem limitações de temperatura e as chuvas superam os 25 mm/mês.

Dias nublados, antes da colheita, podem conduzir a abscisão de frutos precocemente, possivelmente devido à redução da taxa fotossintética (Choo, 2000). Do florescimento à colheita são em média de 150 a 210 dias, variando de acordo com o cultivar e o clima, dessa forma, a chuva é um fator crucial para a boa produção da cultura. O florescimento geralmente ocorre entre agosto e setembro e é o período onde a umidade e as chuvas devem apresentar maior regularidade. Já na colheita, que ocorre entre dezembro e janeiro, a necessidade de chuvas é baixa.

10. Solos, nutrição e micorrizas

No longan, o nutriente mais requerido é o nitrogênio (N), seguido por fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Os micronutrientes mais importantes são ferro (Fe), boro (B) e cobre (Cu). Estes nutrientes estão envolvidos no metabolismo celular e incorporados nas estruturas das células.

Como o longan é uma espécie comum nas florestas da China e no Sudoeste Asiático e devido à longa permanência da mesma nesses ambientes, muitas vezes os dosséis superiores dominam as florestas. Existe então, uma considerável reciclagem de nutrientes vegetais como folhas caídas, galhos, flores e frutos com a árvore crescendo e absorvendo esses nutrientes ao longo do ciclo (Menzel et al., 1990).

O longan é uma planta considerada de boa adaptação aos diferentes tipos de solos, desde que tenham uma boa drenagem. Desenvolve-se bem em solos arenosos moderadamente ácidos. Na Tailândia, as produções mais elevadas são conseguidas com plantios de áreas de solos aluviais, pois possuem uma quantidade de água e matéria orgânica elevada. Na região Sul da Austrália os solos preferidos para o plantio da longan são: solos pesados, estruturados, horizonte vermelho, fertilidade elevada e boa drenagem (Choo, 2000).

O longan é uma frutífera que exige e se adapta muito bem em solos ácidos típicos do Cerrado. No entanto, solos sílico-argilosos profundos, bem drenados e com boa fertilidade, são mais exigidos por essas fruteiras. Para uma alta produtividade, os melhores solos são os sílicos-argilosos e argilo-silicosos, férteis, profundos, bem drenados e pouco ácidos. Quando se tratam de solos calcários, a planta não tem apresentando um bom resultado em seu cultivo.

Com relação à acidez do solo, têm sido recomendados aqueles com pH de 6,5, que é a faixa indicada para a maioria das culturas, nos quais tem apresentado uma grande produção e inexistência de sintomas de carência. A matéria orgânica é muito importante para o crescimento vegetativo e frutificação. Entretanto, devem ser evitados os excessos, para não intensificar demais o seu crescimento vegetativo em prejuízo do florescimento, que pode ser irregular, resultando em baixa frutificação da planta.

A adubação de plantio e crescimento da planta deve ser planejada com base nas análises de solo. Na fase adulta e produtiva, a adubação baseia-se não somente nas análises de solo, mas também nas análises de tecidos de folhas e na extração de nutrientes pelos frutos produzidos.

As plantas de lichia e longan, quando adultas, respondem muito bem às adubações organo-minerais, preparadas com a mistura de esterco curtido, macro e micronutrientes, desde que bem parceladas ao longo do período chuvoso. Durante os primeiros anos de cultivo é aconselhado aplicar e incorporar grandes quantidades de matéria orgânica. As doses são variáveis, segundo o tipo de solo, por isto a adubação correta é a que está de acordo com as exigências e o tipo de solo. Atualmente, com o advento da fertirrigação, o parcelamento de macronutrientes como o nitrogênio e o potássio, permite melhor produção e qualidade das frutas.

Para uma boa produção comercial se faz necessário que haja um alto nível de nitrogênio e moderado teor de fósforo, potássio e cálcio. Entretanto, segundo pesquisas realizadas na Austrália, as plantas vegetam e produzem menos em solos de baixa capacidade de retenção de água e de menor fertilidade, particularmente cultivares de alto vigor, enquanto

que cultivares de baixo ou médio vigor podem ser plantados e produzir muito bem em uma ampla variedade de tipos de solos.

No Brasil é recomendado na adubação de plantio 20 litros de esterco de curral, ou cinco litros de esterco de galinha. Já na adubação de formação, durante quatro anos, deve-se fazer adubação com 20g de N, 40g de P_2O_5 e 30g de K_2O aplicados por planta e por ano, parcelados em quatro vezes nos meses de agosto a novembro. Para adubação de produção, no período de frutificação (julho a dezembro), o ideal são quantidades diferenciadas, dependendo da idade da planta. De 5 a 15 anos deve variar de 40 a 160g de N, 20 a 40g de P_2O_5 e 25 a 120g de K_2O aplicados por planta e por ano, em cinco aplicações desde antes da floração até após a colheita (Instituto Agrônomo de Campinas - IAC, 1998).

Em plantios na Espanha, de acordo com o tipo de solo, uma combinação usual tem sido feita. Aplicação de adubação com a fórmula 15-15-15 (N-P-K) em quantidades que variam de acordo com os anos da plantação, desde 80 gramas por planta e por aplicação no primeiro ano, até 800 gramas no sexto ano. Dessa forma, é importante que a aplicação desses nutrientes na época correta tenha um efeito favorável tanto sobre a floração como sobre a fixação dos frutos, retenção na planta, aumento do seu tamanho, peso final da fruta e quantidade total produzida.

11. Fotossíntese e translocação

As folhas de longan são C3, ou seja, a primeira etapa do Ciclo de Calvin é a fixação do dióxido de carbono pela ribulose 1,5 bifosfato carboxilase (rubisco), e as plantas que usam apenas este mecanismo padrão de fixação do carbono são chamadas de plantas C3, assim denominadas devido ao composto de três carbonos (3-PGA) produzido pela reação de captura de carbono e luz para usá-la no processo de fotossíntese para produzir os carboidratos necessários para o crescimento. Outros tecidos verdes, como os frutos jovens, flores e caules verdes podem também fixar CO_2 , embora não seja similar à taxa alcançada pelas folhas. A produtividade é impulsionada pela quantidade e distribuição de luz e nitrogênio na árvore, juntamente com o abastecimento de água e temperatura. Uma proporção dos carboidratos produzidos na fotossíntese é usada imediatamente na respiração e no crescimento de novos tecidos, e o resto é armazenado nos galhos e raízes para serem usados mais tarde.

O longan obtém a maior parte dos carboidratos necessários para o crescimento das frutas pela fotossíntese que ocorre nas folhas situadas logo abaixo das inflorescências, com o saldo principalmente proveniente de assimilados armazenados nos ramos. Esses assimilados

podem ser provenientes de alguma distância na árvore, em locais de escassez de fixação de CO₂.

Períodos prolongados de tempo nublado, extremos de temperatura e secas podem reduzir a fotossíntese e produtividade em algumas áreas de crescimento. Até recentemente, a maioria dos pomares foram plantadas em baixa densidade para se desenvolver em grandes escalas. Contudo, a maioria dos novos pomares é plantada em altas densidades e são podadas regularmente. Essas tecnologias foram amplamente adotadas, embora haja ainda pouca compreensão da fisiologia das árvores. Experiência com árvores frutíferas temperadas sugere estudos sobre a relação entre rendimento e a interceptação da luz pelo dossel que deve levar ao desenvolvimento de nova gestão técnica e aumento da produtividade. Maiores concentrações de nitrogênio nas folhas aumentam a fixação de CO₂ e podem também aumentar os rendimentos, juntamente com a aplicação de reguladores vegetais e anelamento do tronco.

Os dias nublados, antes da colheita, podem conduzir à abscisão de frutos precocemente, possivelmente devido à redução da taxa fotossintética (Choo, 2000). As taxas de fixação de CO₂ são diferentes para os diferentes materiais genéticos, sendo maiores em alguns do que em outros. Plantas mais altas captam luz através da fotossíntese em tecidos verdes contendo clorofila, e usam para converter CO₂ e água em açúcares e outros compostos necessários para o crescimento e desenvolvimento. Respiração geralmente excede a fotossíntese bruta em folhas jovens, então esses tecidos devem obter seus carboidratos do resto da planta.

A taxa de fotossíntese aumenta à medida que as folhas se expandem e as folhas maduras, eventualmente, contribuem para a economia de carbono da planta. Em árvores de frutas temperadas, a taxa máxima de assimilação de CO₂ ocorre quando as folhas estão totalmente expandidas, enquanto nas espécies de frutos tropicais ocorre muito mais tarde.

A fotossíntese é, em seguida, mantida a essa taxa máxima e declina quando as folhas começam a entrar em senescência. Este período dura várias semanas em frutas de clima temperado e por vários anos em algumas espécies tropicais. A relação entre as trocas gasosas e o desenvolvimento em longan foi investigado estudando-se o crescimento de mudas de 'WaiChee' em estufa.

O crescimento das mudas foi confinado a um único eixo com folhas, caule, raízes e sem flores e frutas, o que afetaria o relacionamento entre a fotossíntese e a expansão foliar em pomares. Brotos e folhas ficaram expandidos em um padrão sigmoide a 80 mm e 500 cm² acima de 20 dias na estufa. A assimilação de CO₂ foi 0,3 mmol /m²/s em folhas vermelhas

suaves, 1,6 mmol/m²/s em folhas vermelho-verdes, 2,7 mmol/m²/s em folhas verde-claras e 5,8 mmol/m²/s em folhas verde-escuras. As folhas verde-claras foram expandidas em 75%, mas tinham apenas metade da fotossíntese de folhas verde-escuras. Essas diferenças na fixação de CO₂ foram associadas a maiores concentrações de clorofila nas folhas mais maduras do que nas folhas mais jovens.

12. Florescimento e frutificação

As inflorescências são terminais com 8-40 cm de comprimento, densas e extremamente ramificadas, com três a cinco por ramo, normalmente apenas a flor central desenvolve-se até o final do ciclo. As flores são pequenas, com coloração variando de marrom a amarelado, com lóbulos de 2 a 5 mm por 1 a 3 mm, pétalas de 1,5 a 6 mm por 0,6 a 2 mm (Choo, 2000).

As inflorescências estão dentro de uma panícula e são compostas por três tipos de flores: estaminadas (pistilo não funcional), pistiladas (estame não funcional) e hermafroditas. A flor estaminada possui até 8 estames arranjados em uma única fileira. A flor pistilada possui as anteras que são estéreis e a flor hermafrodita possui ovário bicarpelar. Normalmente, somente um carpelo torna-se fruto. Os estames da flor hermafrodita possuem oito filamentos sésses com anteras produzindo pólen viável (Choo, 2000).

O período de emissão da flor à colheita é de 150 a 210 dias, dependendo do cultivar e do clima. Na Tailândia uma panícula pode carregar até 80 frutas individuais que variam de 5 a 20 g, as frutas com padrão comercial estão na escala entre 14 a 18 g. A casca é fina, mas resistente, de coloração verde amarelado e quando maduro tornando-se marrom. No arilo a concentração de sólidos solúveis pode variar entre 15 a 25 %, é branco translúcido podendo conter até 75% do peso total do fruto. A sua textura é succulenta, ligeiramente firme, o sabor variando entre doce, adstringente e aromático, raramente ácido (Choo, 2000).

A semente é pequena, ovoide à redonda, de coloração marrom-avermelhada à preta, bem lustrosa, destacando-se facilmente do arilo, com apenas uma semente por fruto. As sementes são recalcitrantes, depois de colhidas possuem curto período vital, sendo apropriado o plantio imediato. A germinação ocorre de 7 a 10 dias, o crescimento inicial da muda é bem lento e a fase juvenil dura aproximadamente sete anos (Choo, 2000).

O fruto é uma drupa esférica, de coloração castanha, com 2 a 3 cm de diâmetro, sua polpa é doce, carnuda, macia e succulenta, de sabor diferente, lembra um pouco o gosto do melão e sua textura é parecida com a da lichia. Tem uma única semente grande. A safra acontece no verão. Após a antese (desabrochar da flor), demora em torno de quatro meses

para que o fruto fique apto ao consumo. É uma excelente fonte de ferro e potássio. Na China, o rendimento é de 100 a 150 kg de frutas por planta, tanto de lichia como de longan, é muito comum nas melhores variedades. Há, no entanto, informações de que plantas de lichia adultas no Havaí produzem cerca de 500 kg de frutas.

O conhecimento do padrão de crescimento durante o desenvolvimento de frutos é necessário para definir técnicas de colheita, manuseio e conservação pós-colheita, assim como para definir índices de maturação e qualidade. Estas informações são importantes por permitirem estabelecer o período ideal para colheita, bem como o manuseio e acondicionamento dos frutos (Araújo Neto et al., 2001; Carneiro, 1986). Além dos fatores já citados, o conhecimento das características físicas, químicas e morfológicas dos frutos pode contribuir para a seleção de cultivares promissoras, cuja utilização dos frutos possa ser muito mais do que ao natural, sendo utilizado para industrialização (Carneiro, 1986).

Chitarra e Chitarra (1990) mencionam que o desenvolvimento do fruto ocorre segundo uma curva sigmoideal simples ou dupla, já Wachowicz e Carvalho (2002), relataram que este crescimento ocorre em três fases. A primeira é caracterizada por intensa divisão celular, elevada pela atividade metabólica; a segunda fase é caracterizada pelo aumento do tamanho das células e diminuição da intensidade respiratória; a terceira fase corresponde à maturação que se caracteriza pela baixa atividade respiratória.

Os processos de deterioração ocorridos no amadurecimento relacionam-se de um modo geral com a degradação dos carboidratos de reserva, com a redução nos conteúdos de ácidos orgânicos e polifenóis, e com as mudanças na pigmentação (Lima, 2003). Sendo assim, as características químicas indicam com maior precisão o estágio de maturação, pois as características físicas podem conduzir a conclusões erradas, uma vez que, o manejo das plantas durante o ciclo produtivo pode ser distinto.

Os atributos químicos mais utilizados são conteúdos de sólidos solúveis, acidez titulável, relação açúcares/acidez e ácido ascórbico. Todos são comparados com curvas padrões pré-estabelecidos para cada espécie. Com o amadurecimento há uma alteração nestes fatores que indicam o nível de maturação dos frutos (Wachowicz; Carvalho, 2002).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Longan é uma árvore subtropical, adaptando-se bem nos trópicos, mas para um florescimento satisfatório requer uma mudança das estações. Temperaturas médias de 15 a 22°C (uma estação curta de 2-3 meses). A planta é sensível à geada e é provável que períodos prolongados com temperatura abaixo de zero sejam extremamente prejudiciais à cultura.

Temperaturas acima de 40°C durante o dia e 25°C à noite prejudicam o desenvolvimento da fruta. Esta fruteira se desenvolve bem em áreas tropicais, com 600 a 1000 metros de altitude, em poucos locais, são conhecidos cultivos comerciais a até 1250 metros de altitude nas regiões tropicais.

Na Tailândia, as melhores temperaturas para o florescimento estão entre 20 a 25°C (Choo, 2000). A planta necessita de ampla umidade do solo a fim de que o fruto atinja a maturidade fisiológica. A precipitação anual apropriada é de aproximadamente 1.500 mm e períodos de seca durante o florescimento podem reduzir a produtividade, entretanto, chuvas excessivas durante o florescimento diminuem a taxa de polinização. Dias nublados, antes da colheita, podem conduzir à abscisão de frutos precocemente, possivelmente devido à redução da taxa fotossintética (Choo, 2000).

Com base na temperatura da lichia, a melhor faixa para crescimento vegetativo e desenvolvimento dos frutos é entre 20°C e 35°C. Ventos secos e quentes associados com baixa quantidade de água no solo são prejudiciais às flores e frutos (Castro et al., 2008).

Longan é sensível aos danos do vento, podendo causar rachaduras e queda dos frutos. As mudas na China e na Tailândia são tutoradas, muitas vezes após o plantio com bambu, para reduzir os danos do vento, mas os maiores danos estão na colheita, especialmente quando as plantas estão com uma carga de frutos abundante (Menzel et al., 1990).

A planta destaca-se por suas exigências climáticas durante o florescimento e fixação dos frutos, ausência de geada e da longa duração das mesmas, um período de temperatura baixa, com pouca água disponível no solo antes do período de florescimento e um posterior período de temperaturas altas, muita chuva ou água fornecida pela prática da irrigação na fase de desenvolvimento do fruto.

Na China, nas tradicionais regiões produtoras de longan em escala comercial, a primavera é quente e úmida e, durante o inverno, a temperatura baixa muito e chove pouco, sendo estes os fatores que favorecem o repouso vegetativo, florescimento e frutificação, proporcionando uma grande produtividade por planta e por hectare anualmente, com frutos de primeira qualidade.

Por outro lado, a planta tolera temperaturas de até 40°C. No entanto, se essas temperaturas elevadas vêm acompanhadas de períodos secos, as flores podem cair, pode haver rachaduras nos frutos e, como consequência, o longan tem uma escassa possibilidade de transportar a água das raízes para as folhas.

A umidade relativa na zona de origem não baixa de 69%, motivo pelo qual se pode constituir um problema no seu cultivo em áreas muito secas, embora com alta taxa de água

disponível no solo. Apesar da planta se adaptar a sombreamentos parciais, é à plena luz que ocorre a máxima produção, tornando-as favorecidas por uma duração do dia, compreendida entre 9 e 15 horas de sol.

14. Estratégias para altas produções

A produção por planta e por hectare de uma plantação de longan depende dos cultivares, do método de produção e principalmente das condições de solo e das variações climáticas de cada região, em cada ano, que incidem sobre a floração, fixação dos frutos, crescimento e desenvolvimento, quantidade e tamanho dos frutos produzidos. As condições do solo em nutrientes e armazenamento de água, e os tratos culturais, intervêm diretamente no processo produtivo, e são fatores muito importantes, que determinam uma melhor ou pior quantidade e qualidade da produção total.

A seleção dos cultivares mais indicados para uma determinada região, de acordo com a orientação da pesquisa e da extensão, o preparo do produtor para o sistema de produção e os controles das doenças e pragas, estão envolvidos diretamente na maior ou menor produção por planta e por hectare. O uso da irrigação é indispensável para o crescimento e produção aceitável dessa fruta, principalmente durante o período seco.

De nada adianta atender às exigências de solo e clima e ter um planejamento adequado de manejo se, por algum motivo, a resposta da produção e a comercialização das frutas não forem bem-sucedidas. A produção anual do longan é irregular e depende muito da variedade, da adubação e das condições climáticas.

O plantio dessas fruteiras deve ser feito durante o período chuvoso (outubro a fevereiro), em covas com dimensões de 60 x 60 x 60 cm. Atualmente, o espaçamento recomendado é o de 10 x 10 m (100 plantas/ha). Porém, com o uso de podas de formação o adensamento de plantio pode ser reduzido, elevando a densidade para 250 plantas por hectare (espaçamento de 8 x 5 m).

15. Efeitos de reguladores vegetais

O aumento dos frutos fixados na planta é objeto de muitos estudos, realizados em vários países que vêm utilizando substâncias químicas para tais finalidades dentre as quais 2,4,5-TP, aplicado em pulverização para redução da queda de frutos pequenos com cerca de 2 gramas ou pela imersão da panícula em solução de 8 a 80 mg L⁻¹, o que promove aumento no número de frutos fixados por panícula, inferindo na produção total, embora a massa do fruto não seja afetada (Stern; Gazit, 2000).

A utilização de 2,3,5-TP 67 mg L⁻¹ e 3,4,6-TPA 50 mg L⁻¹, aplicados isolados ou em combinação, primeiramente utilizando-se 2,4,5-TP e 4 dias após, 3,5,6-TPA, provocou um aumento de 200% na produção, além de afetar significativamente a massa dos frutos. Observou-se também que o uso de 3,5,6-TPA intensificou a cor do pericarpo dos frutos (Stern et al., 1993).

De acordo com Fachinello et al. (2005), alguns fatores como o tipo de estaca, a condição fisiológica da planta matriz e o balanço hormonal podem interferir no enraizamento das estacas. O uso de reguladores vegetais do grupo das auxinas pode incrementar a rizogênese por meio da melhoria do balanço hormonal dos tecidos, sendo o ácido indolbutírico (IBA) uma auxina foto estável, de ação localizada e menos sensível à ação biológica (Tofanelli et al., 2003).

Em Jaboticabal, no estado de São Paulo, foi constatado que a melhor época de propagação é no verão e existe recomendação de IBA na concentração de 1000 mg/L que influenciará na maior porcentagem de estacas enraizadas e estacas coletadas na primavera e no outono independente da concentração de IBA utilizada apresentaram baixa porcentagem de estacas com raízes (Jesus, 2007).

Os biorreguladores podem induzir a dormência vegetativa e estimular o florescimento, quando aplicados no inverno; já, quando usados no florescimento, melhora a frutificação e diminui a queda de frutos. Em ambos os casos, é utilizado o ácido naftaleno acético (NAA) nas doses de 100 e 10 ppm, respectivamente. Entretanto, os resultados obtidos são bastante inconsistentes, pois há influência do clima e estado nutricional da planta (Toda Fruta, 2005).

Referências

ARAÚJO, J.P.C.; SCARPARE FILHO, J.A.S.; RODRIGUES, A. Alporquia em lichia: épocas e concentrações de carboidratos solúveis em ramos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...**

ARAÚJO NETO, S.E. et al. Desenvolvimento de frutos de sapatizeiro (*Manilka achras* (Mill.) Fosberg). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 25-29, 2001.

BARROSO, G.M. **Sistemática de angiospermas no Brasil**. Viçosa: UFV, 1984. v. 2, 337 p.

BATTEN, D.J. Potential limitation stolychee (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivation in Australia. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 22., 1978, Sydney. **Annals...**

CAMPOS, G.N.F. **Clonagem de *Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax et k. hoffm. (faveira) por alporquia**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2010.

CARNEIRO, J.G. Estudos sobre a caracterização físico-química de frutas: I. Abiu (*Lucuna caimito* Roem & Schult.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 8, n. 2, p. 35-40, 1986.

CARVALHO, A.D. **Sistemática vegetal**. Lavras: FAEPE, 1998. 218 p.

CASTRO, P.R.C. e; KLUGE, R.A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2008. 864 p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL, FAEPE, 1990. 320 p.

CHOO, W.K. **Longan production in Asia**. Bangkok: FAO, 2000.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Seção de Economia e Desenvolvimento. **Sistema de informação de mercado**. São Paulo, 2006.

COUVILLON, G.A. Rooting responses to different treatments. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 227, p.187-196, 1988.

FACHINELLO, J.C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C. **Propagação de plantas de plantas frutíferas**. Brasília: EMBRAPA Informações Tecnológicas, 2005. 221 p.

FACHINELLO, J.C. et al. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas: UFPEl, 1995. 179 p.

GALAN-SAUCO, V. **Los frutales tropicais em los subtropicos**. I. Aguacate-mango-litchi y longan. Madrid: Mundi-Prensa, 1990.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation principles and practices**. 6th ed. Uppers Addlriver: Prentice Hall, 1997. 770 p.

HARTMANN, H.T. et al. **Plant propagation: principle and practices**. 8th ed. Uppers Addlriver: Prentice Hall, 2011.

HUTCHINSON, J. **The families of flowering plants**. Oxford: Clarendon Press, 1959. v. 1: Dicotyledons.

INSTITUTO AGRÔNOMICO DE CAMPINAS. **Lichia**. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/frutas/frutiferas_cont.php?nome=lichia>. Acesso em: 10 jun. 2019.

JESUS, N. **Avaliação de progênies de longan**. 2007. 73 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

KLAASSEN, R.K.W.M. Wood anatomy of Sapindaceae. **IAWA Journal**, Leiden, v. 2, p. 1-214, 1999. Supplement.

LIMA, J.F. et al. Avaliação de diferentes substratos na qualidade fisiológica de sementes de melão de caroá (*Sicana odorifera* (Vell.) Naudim). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 163-167, 2010.

LIMA, M.A. **Conservação pós-colheita de goiaba pelo uso de reguladores de crescimento vegetal, cálcio e da associação destes com refrigeração e embalagens plásticas**. 2003. 115 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003, 115 p.

LIU, W.; HUANG, F.; LUO, J. A superior quality longan cultivar Chuliang. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LITCHI AND LONGAN, 1., 2000. Guangzhou. **Annals...**

LEENHOUTS, P.W. A new species of *Dimocarpus* (*Sapindaceae*) from Australia. **Blumea**, Leiden, v. 21, p. 377-380, 1973.

LIU, X.H.; MA, C.L. Production and research of longan in China. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 558, p. 73-82, 2001.

LORENZI, H.; LACERDA, M.; BACHER, L. **Frutas no Brasil: nativas e exóticas** (de consumo *in natura*). Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2015.

MENZEL, C.M.; WATSON, B.J.; SIMPSON, D.R. Longan. In: BOSE, T.K.; MITRA, S.K. (Ed.). **Fruits: tropical and subtropical**. Calcutta: Naya Prokash, 1990. p. 522-546.

PINTO, A.C.Q. **Novas culturas**. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/novas-culturas>>. Acesso em: 07 jun. 2019.

SIMÃO, S. **Tratado de fruticultura**. Piracicaba: FEALQ, 1998. 762 p.

SRITONTIP, C. et al. Influence of water regime and potassium chlorate on floral induction, leaf photosynthesis and leaf water potential in longan. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 5, n. 6, p. 211-220, 2013.

STERN, R.A.; GAZIT, S. The polyamine putrescine increases, ‘Mauritius’ lichi yield in Israel. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL ON LITCHI & LONGAN, 2000, Guangzhou. **Program & abstracts...** p. 39.

STERN, R.A. et al. Effect of autumn al water stress on litchi flowering and yield in Israel. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, p. 295-302, 1993.

SUBHADRABANDHU, S. **Lychee and longan cultivation in Thailand**. Bangkok: Rumthai Publ., 1990. 40 p.

SUBHADRABANDHU, S.; YAPWATTANAPHUM, C. Lychee and longan production in Thailand. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 558, p. 49-57, 2001

TINDALL, H.D. Sapindaceous fruits: botany and horticulture. **Horticultural Reviews**, Westport, v. 16, p. 143-195, 1994.

TODA FRUTA. Disponível em: <<https://www.todafruta.com.br/longan>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

TOFANELLI, M.B.D.; RODRIGUES, J.D.; ONO, E.O. Método de aplicação do ácido indolbutírico na estaquia de cultivares de pessegueiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1031-1037, 2003.

WACHOWICZ, C.M.; CARVALHO, R.I.N. (Org.). **Fisiologia vegetal e pós-colheita**. Curitiba: Champagnat, 2002. 424 p.

WATSON, B.J. 'Longanfruit'. **Queensland Fruit and Vegetable News**, p. 59-62, 1980.

WONG, K.C. **Longan production in Asia**. Bangkok: FAO, 2000. 44 p.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R.L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2013. 279 p.

ZHUANG, Y.M. et al. Longan. In: LIANG, Y.G. (Ed.). **Fruits in tropical and south subtropical China**. Beijing: China Agriculture Press, 1998. p. 97-107.

PITANGUEIRA



PITANGUEIRA (*Eugenia uniflora* L.)

Edypol Guilherme Baptista

1. Origens e distribuição geográfica

Durante os últimos anos, uma mudança nos hábitos alimentares da população vem sendo observada. Os diferentes tipos de mídia têm influenciado em um novo padrão de vida onde a busca por hábitos mais saudáveis é um ponto chave de modo que, a prática de exercícios e a busca por alimentos naturais vêm crescendo. Desta forma, a diversificação na oferta e no consumo de frutas ganhou importante impulso.

Muitas frutas, que há alguns anos eram pouco conhecidas tornaram-se presentes na mesa do consumidor em geral. Entre elas destacam-se o açaí, o physalis, a pitaya, o cupuaçu, o mirtilo, entre outros. Há também uma vasta gama de frutos, nativos ou exóticos, que apresentam elevado potencial de mercado como o cambuci, a uvaia, o sapoti, a seriguela, o mangostim e também a pitanga.

O nome pitanga vem do tupi-guarani e significa vermelho. Esta fruteira nativa do Brasil tem seu centro de origem provavelmente localizado no estado de Minas Gerais e representa uma das frutas de maior potencial econômico (Cola et al., 2009).

Conhecida por seu sabor característico e pela elevada presença de antioxidantes, esta fruta é encontrada na Argentina, no Paraguai, no Uruguai e no Brasil. Neste último é distribuída em todo território, com destaque para os Estados da Bahia e do Rio Grande do Sul, sendo Pernambuco o maior produtor. Há ocorrências em todas as formações vegetais, porém, seu centro de origem é a mata atlântica, sendo uma espécie frutífera e ornamental com elevado potencial fitoterápico. Seus frutos são muito apreciados, podendo ser utilizados na composição de geleias, sorvetes, sucos, polpas congeladas, produtos cosméticos e para o consumo *in natura*, contudo, a expansão de seu mercado ainda esbarra na alta sazonalidade de produção do fruto, na regionalidade, visto que a grande maioria dos cultivos se encontra nos estados do Nordeste e também na alta perecibilidade que dificulta seu transporte e armazenamento (Correia et al., 2012).

Por ser uma espécie nativa, essa frutífera tem elevado potencial de utilização para reflorestamentos e recomposição de áreas degradadas (Silva et al., 2011), sendo uma opção também para exploração de áreas marginais, visto que a espécie sinaliza uma possível tolerância à salinidade, uma vez que não houve comprometimento na capacidade produtiva da pitangueira e nem a qualidade físico-química dos frutos, quando submetidas à estas condições (Santos et al., 2012).

2. Aspectos econômicos

Estima-se que o Brasil seja o principal produtor mundial de pitanga, sendo o Estado de Pernambuco o maior produtor, com cerca de 300 hectares cultivados e produção entre 1.300 e 1.700 toneladas por ano, atingindo uma produtividade em torno de 5 t ha⁻¹. Embora a pitangueira apresente grande potencial produtivo e econômico para a fruticultura brasileira, indicadores de mercado ainda são escassos (Santos et al., 2012).

Conhecida por possuir sabor exótico e agradável, a pitanga é uma fruta bastante versátil, possibilitando sua utilização na produção de sucos concentrados e polpas congeladas, apresentando um grande potencial econômico, decorrente de sua alta concentração de minerais, vitaminas e compostos antioxidantes, tais como antocianinas, compostos fenólicos e carotenoides (Rodrigues et al., 2016). Além disso, por ser pouco explorada, tal fruta apresenta alto valor de mercado, sendo uma excelente alternativa para cultivos em pequenas áreas, como acontecem com produtores familiares, produções orgânicas ou consorciadas.

Ainda são poucos os plantios comerciais de pitanga vermelha, de modo que a fruta é predominantemente explorada em sistema de extrativismo extensivo pela agricultura familiar ou em pequenos pomares domésticos, localizados no grande Recife e em outros municípios da zona da mata e agreste meridional (Melo et al., 1999), entretanto, há uma tendência dos produtores em se investir na cultura assim como no estabelecimento de pequenas agroindústrias para beneficiamento da produção ou na elaboração de alimentos ou outros produtos com a fruta.

Sabe-se que a vida de prateleira de um alimento é o tempo em que este pode ser conservado em determinadas condições de temperatura e umidade relativa sem sofrer grandes alterações em suas propriedades físicas, químicas e nutritivas, sofrendo apenas pequenas, mas pequenas alterações, que são aceitáveis pelo produtor, pelos consumidores e pela legislação vigente (Lopes et al., 2005).

O curto período de conservação das pitangas quando maduras, levam as frutas a alta vulnerabilidade em relação à depreciação, sendo de difícil conservação a fruta natural, dificultando seu transporte, armazenamento e comercialização a grandes distâncias (Lopes et al., 2005).

Por ser uma excelente fonte de compostos antioxidantes, o consumo da pitanga deveria ser estimulado, assim como a produção de itens que agreguem valor ao produto final e que promovam aumento na vida útil da fruta, como, por exemplo, as geleias. Além de possibilitar o aproveitamento de frutas sadias que não estejam de acordo com o padrão para comercialização *in natura*, a confecção de doce promove a valorização da matéria-prima, agregando valor e aumentando sua disponibilidade, uma vez que mesmo após 180 dias de armazenamento, ainda há retenção de 70% do teor de vitamina C da fruta *in natura* nas geleias produzidas com frutos de pitangueira (Melo et al., 1999; Rodrigues et al., 2016).

A produção de sucos e néctares também é uma boa alternativa para aproveitamento da fruta, contudo, deve-se tomar cuidado com a composição deste tipo de alimento, uma vez que, em alguns produtos industrializados similares é possível encontrar perda das propriedades nutritivas e excesso de açúcares, como sacarose e frutose. Estes produtos são adicionados para aumentar a doçura da bebida e assim sua melhor aceitação pelos consumidores, contudo, esta prática pode auxiliar no aumento dos casos de obesidade na população, de modo que, a busca por alternativas mais saudáveis como o uso de diferentes tipos de adoçantes, vem ganhando importância (Freitas et al., 2016).

O congelamento é um dos processos mais indicados para a preservação das propriedades químicas, nutricionais e sensoriais das polpas de frutas. O emprego de tal

processo, especialmente o congelamento rápido, e a estocagem sob temperatura de congelamento, geralmente propiciam a retenção dos carotenoides nos alimentos. Além disso, o controle de microrganismos contaminantes é facilitado, visto que estes não se desenvolvem em baixas temperaturas, porém, há um aumento nos custos de produção, transporte e armazenamento (Lopes et al., 2005).

Desta forma, a produção de polpa da fruta congelada, se mostra uma alternativa de consumo para os mercados nacionais ou internacionais, possibilitando sua disponibilidade mesmo em períodos fora da safra de produção (Lopes et al., 2005).

Apesar de boa alternativa, o congelamento da polpa das frutas pode trazer desvantagens que devem ser levadas em conta. Após 90 dias de estocagem a -18°C , a polpa de pitanga mantém-se dentro dos padrões de identidade e qualidade. Contudo, este produto apresenta decréscimo de cerca de 15% no teor de carotenoides totais nos primeiros 30 dias de estocagem, após esse período, o teor desses pigmentos mantém-se estáveis. O armazenamento também promove leve alteração na cor, que pode ocasionar diminuição na aceitabilidade sensorial e na intenção de compra do néctar formulado com a polpa de pitanga armazenada, por parte dos consumidores. Para a redução destas perdas é importante se levar em conta práticas, como a aplicação de tratamentos térmicos na polpa de pitanga antes de seu congelamento, processo que visa inativar as enzimas presentes, conseqüentemente, proporcionar a manutenção da qualidade deste produto (Lopes et al., 2005).

3. Efeitos de fatores ecológicos

A pitanga (*Eugenia uniflora*) é uma frutífera do bioma da Mata Atlântica pertencente à família Myrtaceae nativa do Brasil. Atualmente, já se observa seu plantio em diversas partes do mundo, pois seu sabor adocicado e a abundante presença de vitaminas presentes em sua polpa vêm despertando o interesse de produtores, tendo perspectiva de exploração em larga escala (Santos et al., 2002).

As pitangueiras possuem aspecto de arbusto ou de árvore, podendo atingir de três a doze metros de altura. Sua copa é considerada densa, apresentando significativa área em relação ao porte geral da planta. Esta é considerada predominantemente vigorosa, com tronco íntegro e reto, havendo a necessidade de podas para a condução, desbrote e redução de porte. Seu crescimento inicial é relativamente rápido, obtendo-se uma cobertura considerável das árvores ainda sua fase juvenil (Brun et al., 2013).

As flores apresentam-se em racemos, dicásios ou isoladas, antopódio presente, perfis livres, persistentes ou caducos. Os botões florais abertos apresentam quatro sépalas que

frequentemente são desiguais. Os estames são numerosos, ovário bilocular podendo apresentar de quatro a vinte óvulos por lóculo. Em relação a sua biologia, se apresentam hermafroditas, solitárias ou fasciculadas, presentes na axila das brácteas dos ramos jovens, possuindo antese diurna de curta duração, sendo viáveis por apenas um dia. O pedicelo é filiforme de 1,0 a 3,0 cm de comprimento e o cálice com quatro sépalas de 2,5 a 4,0 mm de comprimento. A corola apresenta quatro pequenas pétalas, que possuem de 6,0 a 8,0 mm, livres, de coloração branco creme e caducas (Figura 1).



Figura 1. Flor de pitangueira em detalhes (Adaptado de Google Imagens, 2020).

Nota-se a presença de inúmeros estames e o ovário é bilocular, com vários óvulos. O estilete é filiforme e tem 6 mm de comprimento com o estigma capitado. O florescimento ocorre entre os meses de agosto e novembro, já o amadurecimento dos frutos se faz entre os meses de outubro e janeiro. O fruto é do tipo drupa globosa de formato achatado, com variáveis colorações, predominando as amarelas ou avermelhadas (Figura 2) contendo de uma a três sementes, apresentando entre outros nutrientes, como a vitamina C (Lorenzi, 2002; Brun et al., 2013; Queiroz et al., 2015).

O embrião presente na semente é do tipo eugenióide com cotilédones globosos e carnosos. Entre os cotilédones existe uma linha de separação e o eixo hipocótilo-radícula apresenta-se pouco desenvolvido (Queiroz et al., 2015).

Suas folhas são opostas, simples, com pecíolo curto, tendo aproximadamente 2,0 milímetros de comprimento com coloração verde escura e lustrosa. O limbo foliar é ovalado ou oval-lanceolado, com cerca de 2,5 a 7,0 cm de extensão e 1,2 a 3,5 cm de largura, apresentando nervura central saliente na parte inferior e quando macerado, exala odor característico (Lorenzi, 2002; Brun et al., 2013).

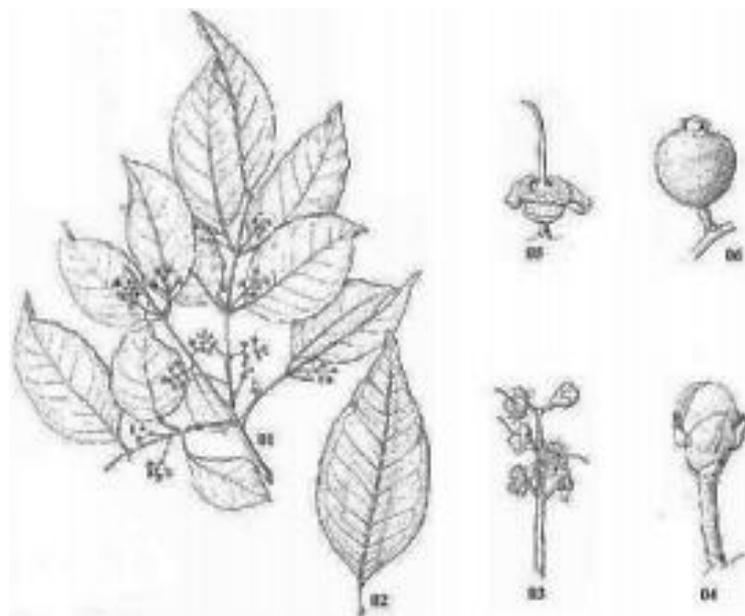


Figura 2. Morfologia de *Eugenia florida* DC. (1) Ramo com inflorescência, (2) Folha, (3) Inflorescência, (4) Botão floral, (5) Disco terminal, (6) Fruto (Adaptado de Romagnolo; Souza, 2006). Em detalhe diferentes colorações dos frutos (Adaptado de Queiroz et al. (2015) e Lody (2020)).

Em relação aos seus hábitos ecológicos em ambiente natural, sabe-se que suas flores são generalistas e no período de antese, seus grãos de pólen ficam completamente expostos, o que demonstra sua importância para uma série de insetos e polinizadores, incluindo himenópteros, dípteros, coleópteros e neurópteros. As abelhas são os visitantes mais comuns, dentre elas, *Apis mellifera* é considerada a mais frequente e abundante, de modo a ser a polinizadora efetiva, entretanto, não se nota qualquer restrição à sua coleta (Almeida et al., 2012).

Deste modo, percebe-se também uma complexa teia de indivíduos envolvidos na dispersão de suas sementes. Almeida e colaboradores (2012), afirmam que a dispersão da espécie é zoocórica, ou seja, efetuada por animais, principalmente lagartos teiús e diversas espécies de pássaros.

O ciclo de vida da planta é semidecidual, podendo ser cultivada em diversos tipos de solo. O período de germinação das sementes pode variar de 20 a 50 dias, porém, estas apresentam recalcitrância. Além dos frutos, acreditam-se as folhas desta espécie possuem propriedades medicinais, presença de óleos essenciais e alta atividade antimicrobiana frente a uma ampla gama de patógenos (Silva et al., 2012).

Apesar de ocorrer em diversos domínios geocológicos, é notável que o melhor desenvolvimento da cultura ocorra em locais de clima quente e úmido com boa distribuição de chuvas durante o ano, havendo certa sensibilidade ao frio e a ocorrência de geadas. A faixa

ideal de temperatura é de 18 a 27°C e chuvas anuais em torno de 600 a 1500 mm, bem distribuídos ao longo dos meses (Silva et al., 2011).

4. Propagação e produção

A produção brasileira da cultura encontra-se concentrada no estado de Pernambuco. Acredita-se que a maioria das plantas seja oriunda de mudas produzidas via sementes, o que dificulta a uniformização do pomar e reduz a qualidade produtiva, uma vez que há grande variabilidade genética, falta de padronização dos frutos e produção irregular.

A propagação feita por via sexuada apresenta taxa média de germinação entre 80 a 95% das sementes utilizadas, num período entre 40 e 60 dias após a sementeira (Silveira et al., 2014). Contudo, o emprego deste tipo de material traz a desvantagem de alta desuniformidade (Cola et al., 2007), visto que as próprias sementes apresentam tamanhos diferentes (Sena et al., 2009), conforme a Figura 3.



Figura 3. Extração de sementes com diferentes tamanhos de frutos de pitangueira - *Eugenia uniflora* L. (Adaptado de Sítio da Mata, 2020).

O grande problema na variação do tamanho das sementes de pitanga ocorre porque tal fator influencia na germinação e no vigor das plântulas de pitangueira. Sementes maiores apresentaram superioridade na germinação, na velocidade de germinação e no comprimento das plântulas, além de possuírem cotilédones com maiores reservas nutritivas. Desta forma, a emergência e o crescimento inicial dos embriões são favorecidos, garantindo maior possibilidade de sucesso na formação da muda. Entretanto, esta variável pode-se refletir também no vigor da plântula, causando diferenças no estande, pois sementes de maior

tamanho originam plântulas mais vigorosas que, em condições adversas de campo, podem se sobressair sobre as demais, reduzindo o seu desenvolvimento (Sena et al., 2009a, 2009b).

Apesar da produção das mudas ser uma etapa crucial, esta ainda é feita de maneira artesanal pelos produtores que se utilizam do material disponível na área. Abreu et al. (2005), afirmam que o sucesso da cultura está em implantá-la com mudas de alta qualidade e com isenção de pragas e patógenos, sendo esta responsável pelo vigor das plantas, por sua produtividade e pela vida útil do pomar.

Para a implantação do pomar comercial, a formação das mudas é uma etapa crucial onde se devem utilizar substratos que apresentem propriedades físico-químicas adequadas ao seu correto desenvolvimento e que forneçam os nutrientes necessários na fase de desenvolvimento inicial da planta. Os componentes de um bom substrato podem variar. Recomenda-se a utilização de esterco bovino ou de aves, terra, areia e fertilizantes minerais. A adubação é uma prática extremamente importante não só na cultura racional da pitangueira, como qualquer outra fruteira explorada comercialmente. Com uma adubação adequada e bem equilibrada, o produtor se beneficiará da qualidade dos frutos obtidos, do estado fitossanitário e do vigor das plantas, bem como da produtividade de seu pomar. O fósforo é essencial para o crescimento normal das plantas e está entre os nutrientes com maior demanda, pois confere aos frutos melhor qualidade aumentando seus sólidos solúveis e os teores de açúcares presentes (Abreu et al., 2005).

A floração da pitangueira ocorre no final do inverno, entre os meses de agosto e outubro, contudo pode ser altamente prejudicada pela ocorrência de déficits hídricos (Silva et al., 2011). A frutificação ocorre em sequência entre os meses de setembro a novembro, sendo dependente da ocorrência de polinizadores, já que a taxa de autofecundação da espécie é baixa, sendo considerada por alguns autores como incompatível. Um fenômeno importante da espécie é a presença de um novo pico de floração entre fevereiro e março, com novos frutos imaturos em abril. A queda da temperatura nos meses de maio a junho leva a uma brusca perda de folhas, o que promove a ocorrência de novas brotações e botões florais nos meses de agosto e setembro, fenômeno correlacionado com o aumento da temperatura média e do fotoperíodo (Alves et al., 2010).

Outro inconveniente encontrado nos pomares comerciais da cultura é o longo período de juvenilidade das plantas causado pela propagação utilizando sementes. Este fenômeno leva as plantas a frutificarem muitos anos após seu plantio, o que é economicamente inviável. Silva et al. (2011), afirmam que são necessários dois anos para o início da produção da pitangueira, e seis para que esta atinja seu ápice quando propagada de forma sexuada. Além

disso, a grande variabilidade encontrada entre as plantas dificulta a padronização dos frutos produzidos e traz grandes diferenças no número de frutos por planta. Desta forma, novamente se mostra necessário o aperfeiçoamento das técnicas de propagação clonal da cultura que promovam a formação de pomares uniformes, com plantas homogêneas e com caracteres selecionados (Franzon, 2015).

A busca por novas alternativas para a propagação da espécie, como o uso de estaquia e o cultivo *in vitro* é uma importante alternativa para a produção de mudas sadias, com alto vigor e qualidade genética em reduzido período de tempo e com baixa demanda de espaço (Silveira et al., 2014).

A propagação vegetativa na cultura vem sendo testada também com o emprego da técnica de enxertia, onde se inserem tecidos vegetais adultos em uma muda produzida via sementes. A taxa média de pegamento é de 77,5% quando o procedimento utilizado é a garfagem do topo em fenda cheia. Não há restrição em relação à época de realização tal procedimento, pois é possível obter bons resultados independentemente do período do ano em que se esteja, entretanto, para maior segurança, recomenda-se utilizar garfos com um par de gemas laterais. Contudo, apesar de suas vantagens, a prática da enxertia na pitangueira ainda é pouco conhecida pelos viveiristas e produtores, de modo que os plantios comerciais ainda são realizados com mudas de pé-franco.

Outra técnica que se destaca é o uso de cultura de tecidos, que se mostra um método viável para propagação de diversas espécies frutíferas, podendo ser utilizado também com as espécies nativas, proporcionando a produção de mudas com alta sanidade, em espaço reduzido e em menor tempo, quando comparado às técnicas de propagação convencional (Sousa et al., 2007; Franzon, 2015).

O cultivo *in vitro* se utiliza basicamente de tecidos vindos da planta que se deseja clonar que são denominados de explantes, sendo as fontes mais comuns os segmentos nodais contendo uma gema e os embriões presentes nas sementes. Tal técnica visa selecionar plantas que podem ser multiplicadas para a produção de mudas monoclonais com homogeneidade (Cola et al., 2009). Apesar dessa técnica ser pouco empregada para a cultura da pitangueira, Sousa e colaboradores (2007) afirmam que o estabelecimento *in vitro* da cultura ocorre mais facilmente quando se faz uso de seguimentos nodais de 1,5 centímetros de comprimento e quando se utiliza ágar como solidificante. Já Silveira et al. (2014), afirmam que o emprego do meio de cultivo WPM, mais recomendado para espécies lenhosas, proporciona obtenção de um maior número de folhas e maior altura das plântulas.

Porém, ainda são poucos os estudos relacionados ao desenvolvimento da cultura *in vitro*, como sua resposta a biorreguladores e enraizadores, assim como os estudos sobre a biologia reprodutiva de espécies da família *Myrtaceae*. No caso da pitangueira sabe-se que a frutificação pode ocorrer por geitonogamia, ocorrendo polinização com a transferência do pólen entre flores da mesma planta, podendo haver também autopolinização passiva em menor escala. O crescimento do tubo polínico no pistilo da flor de pitangueira não apresenta auto-incompatibilidade, pois o pólen germina e cresce normalmente no pistilo da própria planta, ocorrendo também fecundação de óvulos. Em relação à biologia reprodutiva desta frutífera, nota-se que o desenvolvimento do tubo polínico, até que este atinja o ovário pode levar até três dias, quando base do estilo é atingida (Franzon, 2015).

Em relação à frutificação, nota-se que o crescimento inicial dos frutos está atrelado a hormônios produzidos pelas sementes e seu processo de maturação ocorre devido a um conjunto de mudanças externas, que levam a mudanças no sabor e na textura da polpa. Além disso, a maturação dos frutos inclui processos característicos, tais como modificação na coloração de verde para vermelho, redução na firmeza da polpa, aumento na concentração de açúcares solúveis e redução da acidez total (Pio et al., 2005).

A busca por práticas agronômicas que melhorem os rendimentos nos pomares também se faz presente, como por exemplo, com o emprego de irrigação que auxilia na obtenção de frutificação mais abundante da cultura de modo que, tal fenômeno pode ser observado em um período de até oito meses, com contínua produção de frutos entre os meses de maio a dezembro, o que corresponde a 98,5% do total anual, sendo o maior pico observado no mês de novembro. Já em condições de sequeiro, a planta apresenta dois picos concentrados de produção, notadamente nos meses de abril a maio e de agosto a outubro (Bezerra et al., 2004), o que demonstra que, em plantios pouco tecnificados, deve ter especial atenção no manejo da adubação mineral, e que o emprego de irrigação torna a produção menos sazonal, auxiliando o produtor a ter frutos durante vários meses do ano, podendo, assim, aproveitar maiores preços na entressafra ou em janelas produtivas.

Outro ponto em relação à produção da pitanga é o baixo rendimento de polpa visto que, de modo geral, são encontradas de uma a três sementes por fruto, havendo em alguns casos até quatro ou mais. Deste modo, a proporção é de 66% de polpa e 34% de semente, o que provoca uma desvantagem, levando a indústria a preferir frutos de maior rendimento como caju, pêsego ou manga. A composição dos frutos da pitangueira corresponde a 90% de água, 0,23% de lipídios, 0,76% de proteínas, 2,1% de fibras e 8,3% de carboidratos totais. O

valor calórico de 100 gramas do fruto é de aproximadamente 30 kcal com elevado teor de vitamina A (990 mcg 100 g⁻¹), de acordo com Almeida e colaboradores (2012).

Quando adultas, as pitangueiras podem atingir de 3 e 12 metros de altura (Cola et al., 2009), sendo dotadas de copa mais ou menos piramidais. Apesar de não serem encontrados na literatura trabalhos relacionados à poda e condução da espécie, é visível que a utilização de tal trato cultural é indispensável para exploração comercial da planta, diante de seu elevado porte que dificultaria a execução da colheita ou a pulverização de defensivos agrícolas. Segundo Brun et al. (2013), recomenda-se conduzir a cultura em porte pequeno e copa arredondada principalmente quando esta é empregada na arborização urbana.

5. Nutrição mineral

Em relação aos aspectos nutricionais da cultura, esta é considerada pouco exigente quanto à fertilidade do solo por apresentar sistema radicular consideravelmente profundo e grande rusticidade (Brun et al., 2013).

Não existem recomendações de adubação específicas para a pitanga, sendo os valores aproximados em relação a outras frutíferas de porte semelhante. Santos et al. (2012), pontuam que informações técnicas e científicas a respeito da influência da adubação orgânica e mineral sobre o potencial produtivo e qualidade dos frutos de pitangueira, principalmente em áreas onde a irrigação é feita com água rica em sais, como ocorre em diversas regiões do Nordeste brasileiro, ainda são muito pouco frequentes na literatura e podem limitar a expansão da cultura.

Utilizando pitangueiras oriundas de arborização urbana, Brun et al. (2013), avaliaram os principais nutrientes minerais em relação ao seu teor foliar médio, encontrando valores de 18,16 g kg⁻¹ de nitrogênio, 1,38 g kg⁻¹ de potássio, 9,15 g kg⁻¹ de fósforo, 20,32 g kg⁻¹ de cálcio, 3,24 g kg⁻¹ de magnésio e 0,81 g kg⁻¹ de enxofre. Estes autores consideraram que importantes nutrientes como nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio encontram-se em teores considerados adequados mesmo com a ausência de adubações, provavelmente refletindo a boa capacidade de exploração do sistema radicular. Entretanto, tais autores consideram também que os níveis de fósforo e enxofre podem estar em provável condição de deficiência para a espécie, o que sinaliza que, em condições de manejo comercial, deve-se dar especial atenção a estes elementos, fato que vai de acordo com as considerações de Abreu et al. (2005), que afirmam que o fósforo é um elemento que está intimamente ligado à boa qualidade dos frutos, além de promover bom crescimento e sanidade às raízes e as plântulas na fase de estabelecimento, de modo a ser muito importante seu correto suprimento.

Lira Júnior et al. (2007), afirmam que, independentemente dos teores de nitrogênio presentes no solo, é recomendada a aplicação de 20 gramas de N por planta na fase inicial de produção e crescimento, 60 g no segundo ano de plantio, 150 g no terceiro e, a partir do quarto, 240 g por planta. A adubação orgânica também traz bons resultados, como aumento da produção e da qualidade química dos frutos, notadamente em relação à produção de ácido ascórbico, sendo recomendado o emprego de 5 a 6 litros de húmus por planta a cada ano (Santos et al., 2012).

Sabe-se também que o fósforo pode aumentar a resistência a invernos rigorosos e a geadas brandas, fatores climáticos que afetam gravemente a cultura da pitanga. A melhor forma de se fornecer tal elemento é pelo uso do superfosfato simples que contém em sua composição química além do fósforo, cálcio e enxofre (Abreu et al., 2005). Outros nutrientes dos quais as pitangueiras podem comumente apresentar deficiências são o zinco, o cobre e o manganês (Santos et al., 2011).

Nota-se que a vida útil produtiva de uma pitangueira, quando em boas condições, com correto manejo e na ausência de surtos de doenças e pragas é de cerca de dez anos. A produção média é de 2,5 a 3,0 kg de frutos/planta/ano em pomares não irrigados e o peso médio apresentado pelos frutos é de 3 g a 4,5 g. Acredita-se que em áreas irrigadas a produtividade em frutos é de 500 kg ha⁻¹ no 2º ano, de 3000 kg ha⁻¹ no 3º ano, de 5000 kg ha⁻¹ no 4º ano, e de 6º ano em diante 9000 kg ha⁻¹. Como existem poucos estudos com a espécie devida principalmente à alta variabilidade genética apresentada pelos indivíduos oriundos de sementes, não existindo até o momento variedades que se destaquem em relação ao potencial produtivo, percebe-se acentuada melhora na produção e na qualidade dos frutos quando se emprega o sistema de irrigação por gotejo (Silva et al., 2011; Almeida et al., 2012).

Os programas de melhoramento genético da cultura se concentram no Estado de Pernambuco, onde genótipos com elevado potencial produtivo e características agrônomicas de interesse vêm sendo selecionados, porém, deve-se levar em conta o clima da região Nordeste, de modo que, cultivares de alto desempenho podem apresentar resultados diferentes quando expostos ao clima encontrado em Estados do Sul ou Sudeste, havendo necessidade de se avaliar estes indivíduos em diferentes locais. Trabalhos da EMBRAPA Clima Temperado, em Pelotas – RS, também têm grande relevância na busca por genótipos com elevada produtividade havendo também a possibilidade de exploração de cultivares comerciais como Tropicana, primeiro cultivar brasileiro de pitangueira (Franzon, 2015).

As principais características deste cultivar são a alta produção, cerca de 20,8 kg de frutos por ano, peso médio do fruto variando de 3 a 4,5g e polpa avermelhada com elevado

apelo comercial (Bezerra et al., 2004). Contudo, um dos principais desejos dos produtores seria a obtenção de uma variedade isenta de sementes, o que elevaria o ganho de polpa.

Apesar de existirem estudos em relação à ecologia e a fisiologia da produção da pitangueira, um conhecimento mais profundo ainda esbarra na escassez de materiais clonais para que se possa obter uma padronização das amostras e respostas menos variáveis.

Referências

- ABREU, N.A.A. et al. Crescimento de mudas de pitangueiras (*Eugenia uniflora* L.) em substratos com utilização de superfosfato simples. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 6, p. 1117-1124, 2005.
- ALMEIDA, D.J.; FARIA, M.V.; SILVA, P.R. Experimental biology in pitangueira: a review of five decades of scientific publications. **Ambiência**, Guarapuava, v. 8, n. 1, p. 177-193, 2012.
- ALVES, S.S. et al. Fenologia de *Eugenia uniflora* L. (myrtaceae) na região centro-sul do estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA EM MATA ATLÂNTICA, 1., 2010. **Anais...** p. 56-58.
- BEZERRA, J.E.F. et al. Comportamento da pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob irrigação na região do vale do rio Moxotó, Pernambuco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 177-179, 2004.
- BRUN, E.J. et al. **Status nutricional de pitangueiras (*Eugenia uniflora* L.): estudo de caso na arborização viária de Santa Maria.** Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2013.
- COLA, M.P.A. et al. Estabelecimento *in vitro* de sementes de *Eugenia uniflora* L. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 14.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 10.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR, 4., 2007, São José dos Campos. **Proceedings...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2007.
- CORREIA, R.T. et al. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, London, v. 6, n. 18, p. 539-547, 2012.
- FRANZON, R.C. **Propagação vegetativa da pitangueira por enxertia.** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2015. 22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 233).
- FREITAS, M.L.F.; DUTRA, M.B.L.; BOLINI, H.M.A. Sensory profile and acceptability for pitanga (*Eugenia uniflora* L.) nectar with different sweeteners. **Food Science and Technology International**, London, v. 22, n. 8, p. 720-731, 2016.
- GOOGLE IMAGENS. Disponível em: <<https://images.google.com/>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

- LIRA JUNIOR, J.S. et al. **Pitangueira**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 2007. 87 p.
- LOPES, A.S.; MATTIETTO, R.A.; MENEZES, H.C. Estabilidade de polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559. 2005.
- LORENZI, H. **Árvores do Brasil**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. v. 2, 384 p.
- MÉLO, E.A.; LIMA, V.L.A.G.; NASCIMENTO, P.P. Formulação e avaliação físico-química e sensorial de geleia mista de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) e acerola (*Malpighia* sp). **Boletim Técnico do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 33-44, 1999.
- PIO, R. et al. Características físico-químicas de frutos de pitangueira em função da altura de inserção na planta. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 105-107, 2005.
- QUEIROZ, J.M.G. et al. Aspectos populares e científicos do uso de espécies de *Eugenia* como fitoterápico. **Revista Fitos (Etnofarmacologia)**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 73-159. 2015.
- RODRIGUES, L.V.; MARQUES-BUNGART, G.A.; TOBAL, T. M. Geleia de pitanga: caracterização bioativa, nutricional e sensorial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais...**
- SANTOS, A.F. et al. Alterações fisiológicas durante a maturação de pitanga (*Eugenia uniflora* L.). **Fruits/Frutales**, v. 46, p. 52-54, 2002.
- SANTOS, G.P. et al. Produção de pitangueira utilizando adubação organomineral e irrigação com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 4, p. 510-522, 2012.
- SANTOS, R.M. et al. Influence of foliar nutrients on phenol levels in leaves of *Eugenia uniflora* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 21, n. 4, p. 581-586, 2011.
- SENA, L.H.M. et al. Germinação e desenvolvimento de plântulas de pitangueira em função do tamanho da semente e da granulação do substrato. In: JORNADA DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 12., 2009a, Recife. **Anais...**
- SENA, L.H.M. et al. Vigor de plântula de pitangueira oriundas de sementes de diferentes tamanhos. In: JORNADA DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, 12., 2009b, Recife. **Anais...**
- SILVA, A.O. et al. Zoneamento agroclimático da pitangueira para três cenários distintos de precipitação pluvial em Pernambuco. **Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 104-115, 2011.
- SILVEIRA, B.S. et al. Estabelecimento *in vitro* da pitanga vermelha (*Eugenia uniflora* L.). In: SEMANA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA IFMG, 8.; JORNADA CIENTÍFICA, 8., 2014. **Anais...**

SITIO DA MATA. Disponível em: <<https://www.sitiodamata.com.br/pitanga-eugenia-uniflora-825>>. Acesso em: 19 abr. 2020.

SOUZA, J.A. et al. Solidificante no meio de cultura e tamanho do explante no estabelecimento da propagação *in vitro* de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 115-118, 2007.

PITAYA



PITAYA (*Hylocereus* spp.)

Alice Zinneck Poça D'Água

Thiago Machado da Silva Acioly

1. Origem e distribuição geográfica

Originária da América, a pitaya (*Hylocereus* spp.) é uma planta eudicotiledônea amplamente distribuída em florestas tropicais e subtropicais. Estão presente em vários países, sendo cultivada para comercialização na Austrália, Costa Rica, Equador, Camboja, Colômbia, Equador, Guatemala, Indonésia, Israel, Japão, Nova Zelândia, Nicarágua, México, Peru, Filipinas, Espanha, Taiwan, Tailândia, Estados Unidos, Uruguai, Vietnã e Brasil. Por isto, são conhecidas por diversos nomes populares como *dragon fruit*, *pitahaya*, pitaia, pitaya vermelha, *Honolulu Queen*, *liang tian chi* e *strawberry pear*.

2. Classificação botânica

Pitaya, pitaia ou pitahaya são os termos usados para designar diferentes espécies de cactáceas produtoras de frutos dos gêneros *Cereus*, *Hylocereus*, *Selenicereus* e *Stenocereus*. As principais espécies de pitaya comercializadas mundialmente são do gênero *Hylocereus*, que inclui 19 espécies atualmente, sendo *Hylocereus undatus* e *H. megalanthus* as mais populares, de acordo com a Tabela 1. A *H. megalanthus* era antes pertencente ao gênero

Selenicereus, entretanto foi agrupada ao gênero *Hylocereus* após trabalhos de sequenciamento genético (Nobel, 2002; Silva, 2014).

Tabela 1. As principais espécies de pitaya cultivadas no mundo, nomes comuns de origem étnica ou criados por produtores, principais países produtores e características do fruto (Adaptado de Nobel, 2002; Silva 2014).

Espécies	Nomes comuns	Principais países de cultivo	Características do fruto
<i>Hylocereus costaricensis</i> (Weber) Britton & Rose	Pitahaya, pitahaya roja, red pitahaya	Nicarágua, Guatemala	Grande e globoso; casca vermelha escura (raramente amarela) com escamas grandes; polpa vermelha escura
<i>H. polyrhizus</i> (Weber) Britton & Rose	Pitahaya, pitahaya roja, red pitahaya, red Eden (Israel), pitaya vermelha	Israel	Grande e oblongo; casca vermelha com escamas grandes; polpa vermelha-violeta
<i>H. undatus</i> (Weber) Britton & Rose	Pitahaya, pitahaya roja, red pitahaya, dragon fruit (Asia), Eden (Israel)	Vietnam, México, Taiwan, Tailândia, Camboja, Israel, Filipinas	Grande e oblongo; casca vermelha (raramente amarela) com escamas esverdeadas grandes; polpa branca
<i>H. megalanthus</i> (Schun ex Vampel) Moran	Pitahaya, pitahaya amarilla, yellow pitaya, pitaya amarela	Colômbia, Equador, Israel	Tamanho médio e oblongo; casca amarela com espinhos; polpa branca

A família *Cactaceae*, a qual as pitayas pertencem, é classificada pelos Sistemas Engler (1964) e Cronquist (1988), tal como exposto na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação das cactáceas de acordo com os sistemas Engler (1964) e Cronquist (1988).

Sistema de classificação	Engler	Cronquist
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Subclasse	Archychlamydeae	Caryophyllidae
Ordem	Cactales	Caryophyllales
Família	Cactaceae	Cactaceae

3. Morfologia e anatomia

A planta é perene, trepadeira, com caule triangular do tipo cladódio, suculento e com espinhos (folhas modificadas). Os cladódios possuem coloração verde (5 a 7 cm de diâmetro) com função fotossintetizante (Donadio, 2009).

As flores são hermafroditas e seus estigmas possuem tamanhos superiores às anteras, logo, há restrição à autopolinização. A polinização é realizada por borboletas e morcegos durante a noite e por abelhas melíferas durante o dia. Também são tidas como solitárias, com formação de somente uma flor por cladódio. Suas flores são laterais com 20 a 35 cm de comprimento, brancas, completas, noturnas e popularmente conhecidas como flor da lua (Donadio, 2009). Contêm numerosos estames – em torno de 800 por flor - arranjados em duas fileiras ao redor do pistilo, formado por 14 a 28 estiletos de cor creme (Donadio, 2009). As sépalas são de cor verde clara e o pólen amarelo.

Seu fruto é do tipo baga, globuloso, mede de 10 a 20 centímetros de diâmetro, com coloração verde quando imaturo e amarelo ou vermelho quando maduro, dependendo da espécie. O fruto é coberto por brácteas e algumas espécies apresentam espinhos em sua casca. O seu desenvolvimento ocorre entre 30 a 40 dias após a fecundação (Donadio, 2009), com antecipação sob temperaturas elevadas. A polpa apresenta cores que também variam de acordo com a espécie, podendo ir do vermelho ao branco, com inúmeras sementes escuras de aproximadamente 3 mm. A polpa é formada a partir do ovário e a casca, do receptáculo que o envolve. Os frutos da espécie *Hylocereus undatus* podem alcançar até 900 g, com peso médio entre 350 e 450 g, possuem alto teor de umidade (82 a 88%), de sólidos solúveis (11 °Brix) e de vitamina C (20,69 mg L⁻¹), de acordo com Abreu et al. (2012).

4. Germinação e propagação

As pitayas podem ser propagadas por meio de sementes (reprodução sexuada) ou por propagação vegetativa (reprodução assexuada), sendo esta última a mais comum e pode ocorrer através de estacas ou frações do caule, enxertos e propagação *in vitro* (meristemas ou óvulos), de acordo com Ortiz-Hernández e Carrillo-Salazar, 2012. Na propagação vegetativa, as plantas resultantes são geneticamente idênticas à planta-matriz e é interessante quando se pretende obter uniformidade, manutenção do genótipo e rápido alcance da fase adulta (Cullmann; Gotz; Groner, 1987).

A propagação por estacas é a mais utilizada em sistemas de cultivo de pitaya, principalmente por antecipar a frutificação, se comparado às plantas cultivadas a partir de sementes. Neste tipo de propagação vegetativa, corta-se uma estaca de 50 a 70 cm de comprimento que, após seu enraizamento, será fixado em um suporte vertical, horizontal ou inclinado (Le Bellec; Vaillant; Imbert, 2006). No Brasil, normalmente se utiliza o sistema de tutoramento vertical, que consiste em colocar um tutor de madeira (mourão) no qual se faz a fixação da estaca, amarrando com arame ou barbante a parte superior da mesma para que a

planta cresça verticalmente e quando alcançar a altura do tutor se espalhe horizontalmente, com vemos na Figura 1. Na parte superior do tutor, é possível colocar suportes, como anéis de borracha feitos a partir de pneu, para que os cladódios se apoiem.

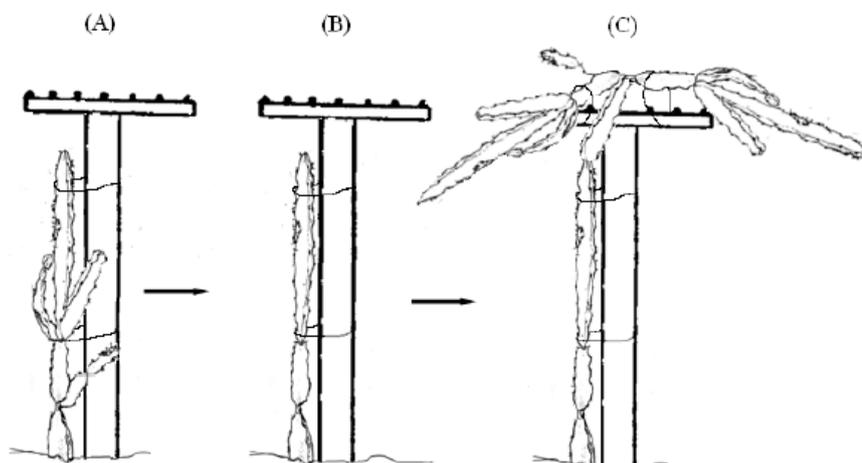


Figura 3. Sistema de plantio de pitaya com tutoramento em mourão. Após o plantio da estaca, surgirão brotações laterais (A), que podem ser retiradas (B) e o cladódio vertical conduzido até o topo do mourão, para que novas brotações se sucedam na parte superior do mesmo (Adaptado de Moreira et al., 2012).

Na propagação por estaca, o comprimento da estaca influencia diretamente o desenvolvimento radicular do cladódio e o vigor da planta. Marques (2008), concluiu que estacas com tamanhos superiores a 20 cm são as mais indicadas para a obtenção de mudas de pitaya, ao verificar que, quanto maior o comprimento do cladódio, maior a quantidade de raízes secundárias (aumento de massa seca da raiz), o que é um fator desejável, pois essas raízes proporcionarão maior área a serem exploradas para absorver água e nutrientes presentes no solo e, com isso, elas se adaptarão melhor quando transplantadas ao campo. Porções basais de cladódios de pitaya são as mais indicadas para a propagação, e o plantio de estacas com dominância apical é mais indicado à propagação de mudas (Marques, 2008).

A propagação por sementes, por outro lado, produz novos indivíduos geneticamente diferentes, com características tanto da planta-matriz quanto da planta que forneceu o pólen. É uma forma de propagação interessante à medida que possibilita uma maneira rápida de obter espécies novas ou raras. Na germinação, a semente de pitaya primeiramente se expande e, em seguida, tem sua casca rompida, liberando a radícula. As sementes de cactos precisam de luz para germinar e por isso não devem ser cobertas com solo. Quando germinam, o fazem diretamente sobre o solo e o embrião é capaz de iniciar a fotossíntese. Posteriormente, as mudas mais vigorosas são selecionadas (Cullmann; Gotz; Groner, 1987). Na propagação

sexuada, as plantas de pitaya demoram cerca de três anos da germinação até a frutificação (Le Bellec; Vaillant; Imbert, 2006).

Sementes de pitaya têm velocidade e porcentagem de germinação beneficiadas em ambiente com menores variações de luz, temperatura e umidade (câmara úmida) e quando colocadas em substrato de vermiculita (Marques, 2008).

5. Desenvolvimento das raízes

A pitaya é uma planta xerófila, pouco exigente em relação à qualidade do solo, que necessita essencialmente de macronutrientes e matéria orgânica. Segundo Silva, Martins e Andrade (2006), a disponibilidade de matéria orgânica proporciona maior teor de massa fresca nas raízes de pitaya. A partir do caule desta planta, nos espaços intercostais, originam-se numerosas raízes adventícias que ajudam na fixação da planta e contribuem para a absorção de água e nutrientes. O sistema radicular é fibroso, fasciculado e superficial, com aproximadamente 15 cm de profundidade, logo, o uso de cobertura vegetal pode contribuir ao protegê-lo da ação direta da radiação solar.

As fases de crescimento e alongamento radicular desta planta exibem sensibilidade à auxina exógena, devido a sua influência na concentração endógena. Para a propagação vegetativa, estacas herbáceas (menos lignificadas) possuem maior facilidade na formação de raízes quando comparadas às lenhosas (mais lignificadas), justamente por serem mais sensíveis a alterações hormonais. Além disto, o baixo grau de esclerificação das raízes herbáceas e a estrutura anatômica própria da pitaya, como disposição das fibras, favorecem o enraizamento da espécie.

6. Desenvolvimento do caule

Os caules das pitayas são classificados morfológicamente como cladódios, que são esverdeados quando a planta é jovem e pálida quando envelhecem. Os cladódios da pitaya apresentam de três a cinco bordas, chamadas de costilhas, apesar da forma triangular ser mais comum. A margem das costilhas pode ser plana, convexa ou variável, de acordo com a espécie e com as condições ambientais. Nas costilhas se encontram as aréolas ovaladas, pontos onde estão localizadas as gemas axilares, que são protegidas por pequenos espinhos (Silva, 2014).

As gemas axilares produzem primeiro os espinhos, logo quando são iniciadas pelo meristema apical da parte aérea, e depois podem produzir uma flor e/ou um ramo vegetativo. Entretanto, o grau de ramificação das gemas é largamente determinado pela dominância

apical, ou seja, a gema apical inibe a brotação das gemas laterais. Isso ocorre devido à maior concentração de auxina na gema apical, que atua como um dreno de nutrientes e citocininas. Ademais, um elevado nível de auxina na gema apical auxilia na manutenção de altos níveis de ácido abscísico nas gemas laterais, o que inibe o crescimento das mesmas. Deste modo, a poda da gema apical estimula o desenvolvimento das gemas laterais, aumentando o número de brotações, uniformizando-as (Marques, 2008).

7. Desenvolvimento das folhas

A pitaya possui folhas modificadas em espinhos de dois a quatro centímetros de comprimento, sem células-guarda, estômatos, hipoderme, clorênquima e tecido vascular. Em vez disso, seu tecido consiste apenas de fibras libriformes e epiderme esclerificada. Seus espinhos são circulares na base, tornando-se pontiagudos na extremidade oposta. Essa modificação é comum nas espécies da família *Cactaceae*, uma vez que reduzem a área fotossintética e a perda de água por transpiração, o que favorece a retenção hídrica. Os espinhos da pitaya são formados a partir de pequenos círculos salientes chamados aréolas, uma estrutura especializada com tecido meristemático. As aréolas formam o broto axilar a partir do qual surgem hastes, espinhos e flores (Mauseth, 2006).

8. Efeitos de fatores ecológicos

8.1 Temperatura

As pitayas são plantas muito sensíveis a baixas temperaturas, podendo ocorrer injúrias de resfriamento. Quando as temperaturas noturnas ficam abaixo de 5°C, os cladódios começam a perder a coloração; em temperaturas do ar próximas de zero, lesões severas aparecem nos tecidos, tais como manchas amarelas arredondadas que se desenvolvem ao longo dos cladódios, bem como a morte de alguns segmentos de caule; e temperaturas de sub-congelamento (-3°C) matam a maioria dos tecidos da planta (Nobel, 2002).

As espécies de pitaya apresentam diferentes níveis de tolerância ao frio, tal como pontuado por Nobel (2002), ao verificar que ocorrências de geada danificaram totalmente plantas da espécie *H. megalanthus*, moderadamente *H. undatus* e levemente plantas das espécies *H. costaricensis* e *H. polyrhizus*. Com a elevação da temperatura, as plantas se recuperam rapidamente, embora apresentem quedas na produção. Nessas áreas com baixas temperaturas, é indicado o cultivo em casas de vegetação ou o uso de coberturas plásticas.

Altas temperaturas também não são indicadas ao cultivo de pitaya. No verão, temperaturas máximas / mínimas mensais iguais a 38/25°C podem inibir a indução floral

(Nobel, 2002). Injúrias causadas por altas temperaturas de verão (43-46°C), como o aparecimento de caules acastanhados e liquefeitos e até mesmo a morte das plantas, podem ocorrer principalmente em espécies mais sensíveis, como *H. undatus* (Nobel, 2002). Este cacto semiepífito tropical não está adaptado às temperaturas do ar diárias / noturnas acima de 40/30°C. O desenvolvimento dessa espécie é melhor quando cultivada em condições de temperaturas médias diurnas de 30°C e noturnas de 20°C, com captação líquida de CO₂ ótima nessa faixa (Nobel; De La Barrera, 2002). As espécies *H. costaricensis* e *H. polyrhizus* são menos sensíveis a altas temperaturas do que *H. undatus* e *H. megalanthus* é a espécie menos sensível a altas temperaturas de verão (Nobel, 2002).

8.2 Luminosidade

Sendo as pitayas cactos semiepífitos, são adaptadas a habitats sombreados, embora sejam cultivadas com sucesso sem sombreamento em regiões tropicais com intensidades luminosas amenas, tal como as plantações de *H. undatus* ao sul do Vietnã e Taiwan. Entretanto, em regiões cuja radiação solar é muito elevada, como em Israel (densidades de fluxo fotossintético ao meio-dia podem alcançar 2200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ no verão), plantas expostas a luz solar podem perder a coloração, degenerar e produzir frutos de baixa qualidade com cor fraca e baixas concentrações de açúcar (Nobel, 2002).

Em regiões com altos valores de radiação solar, indica-se que as plantas de pitaya sejam cultivadas com sombreamento, sob telas com variação entre 20% e 60% de sombra, de acordo com a espécie e com a época do ano, pois a intensidade da radiação solar muda durante o dia e depende da estação do ano (Nobel, 2002). Algumas espécies, como *H. costaricensis* e *H. polyrhizus*, apresentam maior tolerância à luminosidade provavelmente por apresentarem epiderme grossa e cerosa, que reduz a transmitância da luz aos tecidos internos dos cladódios (Nobel, 2002). Portanto, nessas espécies, o controle da luz deve ser considerado, pois o sombreamento excessivo pode reduzir muito o crescimento da planta, além de afetar negativamente o número de flores, que está relacionado com a biomassa das plantas (Silva, 2014). No mais, as espécies de pitaya vermelha cultivadas a pleno sol na primavera, floresceram mais cedo e tiveram produção sazonal antecipada (Nobel, 2002).

8.3 Precipitação e umidade

As pitayas podem sobreviver em locais com baixos índices de precipitação – com várias semanas sem chuva – entretanto, a qualidade dos frutos está diretamente relacionada ao suprimento regular de água. Deste modo, a irrigação regular é importante nos cultivos de

pitaya na medida em que garante que a planta acumule reservas suficientes para as fases da fenologia reprodutiva, de alta necessidade hídrica, tais como intumescimento de gemas, floração e frutificação. A microirrigação é recomendada, pois além de melhorar a eficiência do suprimento de água para a planta, também evita excesso ou falta d'água que podem resultar em queda de flores e frutos (Le Bellec; Vaillant; Imbert, 2006).

Para o cultivo de *H. megalanthus*, são indicados de 1500 a 2000 mm ano⁻¹ de chuva, enquanto que espécies de pitaya vermelha *Hylocereus* spp. são encontradas em regiões com mais de 2000 mm ano⁻¹ de chuva (Ortiz-Hernández; Carrillo-Salazar, 2012). Entretanto, de modo geral, prosperam em regiões com precipitações de 650 a 1500 mm anuais (Silva, 2014).

8.4 Relevô

Altas temperaturas associadas a cultivos de pitaya em regiões de vale resultam em baixa absorção líquida diária de CO₂, ou até mesmo negativa. Em consequência, há deficiência de fotossintetizados, resultando em lenta taxa de crescimento e baixa frutificação (Nobel, 2002).

9. Relações hídricas

Por se tratar de uma planta da família das Cactáceas, adaptada ao clima tropical, subtropical e árido, a pitaya possui elevada tolerância ao estresse hídrico, todavia, em fase de reprodução, a falta de umidade pode provocar queda de flores e abortamento de frutos. Entre as características que levam a tolerância à seca na pitaya, é possível destacar a presença de espinhos e cera, cutícula espessa, estômatos localizados em depressões da epiderme e o metabolismo ácido das crassuláceas. O solo deve ter umidade suficiente para o desenvolvimento da cultura e ser bem drenado para evitar o encharcamento (Takata, 2012).

O excesso de precipitação durante o desenvolvimento das flores também pode ser prejudicial à fixação dos frutos, já que pode ocorrer lavagem do grão de pólen, inviabilizando a polinização e resultando em queda de produção. Ademais, esse excesso pode acentuar a incidência de doenças, exigindo mais pulverizações e reduzindo a qualidade dos frutos.

10. Solos e nutrição

As pitayas *Hylocereus* spp. desenvolvem-se em diferentes tipos de solo (Le Bellec; Vaillant; Imbert, 2006), entretanto, solos com boa drenagem, pH entre 5,5 a 6,5 e com declividade de até 30% são melhores para a cultura (Ortiz-Hernandez; Carrillo-Salazar, 2012).

Em geral, um solo adequado para o desenvolvimento de cactos, tais como a pitaya, é rico em húmus escuro, argila friável (não pegajosa), areia grossa e turfa fina. Compostos orgânicos frescos ou esterco que contêm materiais não decompostos devem ser evitados por serem fontes constantes de doenças e apodrecimento no sistema radicular. A areia é um importante constituinte de solos de cactáceas, especialmente a que possui granulometria mais grosseira, pois ajuda a manter boa drenagem. A areia de quartzo é indicada na composição do solo para cactáceas, ademais, a adição de lascas de basalto pode ser efetuada em solos de cactáceas que requerem alta porosidade (Cullmann; Gotz; Groner, 1987).

Apesar das pitayas serem cactáceas e apresentarem alta eficiência no uso da água e boa adaptação a solos pouco férteis, essas são características da planta quando desenvolvida. Antes disso, é importante que a muda tenha bom desenvolvimento radicular, principalmente por se tratar de uma cultura perene, na qual um sistema radicular bem desenvolvido influenciará diretamente na capacidade de absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, na produtividade (Marques, 2008). Nesse sentido, o substrato é um dos principais fatores que interferem na formação de mudas de pitaya, pois garantirá o desenvolvimento e manutenção do sistema radicular, estabilidade da planta e suprimento de água, nutrientes e oxigênio.

Foi conduzido um estudo com mudas de pitaya, *H. polyrhizus*, cujo objetivo era avaliar o efeito de diferentes substratos no crescimento das mudas. Consideraram que um substrato adequado era aquele que apresentasse características físicas e químicas que proporcionassem condições ótimas para o enraizamento das estacas e crescimento das mudas, além de ter fácil disponibilidade de aquisição e baixo custo. Após 120 dias do plantio das mudas, verificou-se que o substrato mais adequado para o crescimento de mudas de pitaya era composto de casca de arroz carbonizada, vermiculita e vermicomposto na proporção 5:3:2 v/v. Esse substrato possibilitou 100% de enraizamento nas estacas, maior crescimento em altura e produção de massas fresca e seca da parte aérea, bem como maior produção de massas fresca e seca de raízes (Correia; Nascimento; Morais, 2016).

A adubação potássica em cultivos de pitaya das espécies *Hylocereus undantus* e *Hylocereus polyrhizus* resultou em melhoria da produção e qualidade das pitayas. Essas foram as conclusões de Fernandes et al. (2018), que desenvolveram pesquisa buscando avaliar os efeitos de diferentes doses de K_2O (0, 50, 100 e 200 g de planta⁻¹) para o cultivo de pitaya. Observou-se que a adubação com potássio aumentou a produção por planta (em kg e número de frutos) e proporcionou melhor qualidade às frutas. A recomendação para adubação com K_2O nas espécies de pitaya vermelha foi de 106,0 a 133,3 g K_2O no primeiro ano e 200 g K_2O no segundo e terceiro ano após o plantio (Fernandes et al., 2018).

11. Fotossíntese e translocação

A pitaya, por ser oriunda de habitats sombreados, pode ter o crescimento prejudicado sob intensa radiação, devido à diminuição da eficiência do aparato fotossintético. Energia luminosa em excesso pode gerar espécies tóxicas como superóxidos, oxigênio singleto e peróxidos. O cultivo de pitaya exige certo nível de sombreamento, uma vez que a fotossíntese e o crescimento da planta são inibidos em pleno sol. Nas florestas tropicais da América, a pitaya vermelha é encontrada sob irradiância de $500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, considerada uma baixa radiação luminosa (Almeida, 2015). Em contrapartida, o excesso de sombreamento também pode levar a danos no cultivo, já que resulta em estiolamento de cladódios e redução do florescimento (Merten, 2003).

A pitaya apresenta potencial para se desenvolver mesmo em condições adversas, principalmente devido ao seu metabolismo. Fisiologicamente, esta planta realiza a fotossíntese através do metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), sistema altamente eficiente devido ao comportamento dos estômatos, que abrem durante a noite e fecham de dia. Deste modo, o dióxido de carbono (CO_2) absorvido à noite é fixado na forma de ácido málico, que é descarboxilado durante o dia liberando CO_2 para ser fixado em carboidrato; enquanto isto, os estômatos permanecem fechados, o que evita a perda de água. Normalmente, o consumo de água de uma planta CAM para fixar 1 g de carbono, é da ordem de 50 a 100 gramas, valor consideravelmente inferior quando comparado ao consumo das plantas com fisiologia C3 e C4, que, para fixarem a mesma quantidade de carbono, consomem até 500 gramas de água respectivamente (Taiz; Zeiger, 2013).

A floração da pitaya exige uma maior translocação de fotoassimilados, devido ao aumento da relação fonte/dreno. Todavia, é possível observar na planta múltiplas demandas, uma vez que, simultaneamente, se tem botões florais desenvolvidos, flores abertas, frutos e novas gemas. Recomenda-se aos produtores maior atenção a este período, visto a necessidade hídrica e de nutrientes para suprir o processo fotossintético. O desbaste de frutos de pitaya também pode ser uma prática viável para obtenção de frutos maiores e de melhor qualidade, evitando a competição por fotoassimilados entre os frutos dos diversos estádios de desenvolvimento.

12. Florescimento e frutificação

Cada espécie de pitaya apresenta comportamento diferente do ponto de vista da fenologia reprodutiva em função das condições ambientais nas diferentes regiões produtoras, entretanto, as pitayas vermelhas (*Hylocereus* spp.), em geral, florescem de novembro a abril

no Hemisfério Sul e de maio a outubro no Hemisfério Norte (Jiang et al., 2012; Marques et al., 2011). São plantas de dias longos, com fotoperíodo crítico de aproximadamente 12 horas (Jiang et al., 2012).

A pitaya amarela (*H. megalanthus*) tem floração concentrada no final do outono (Weiss; Nerd; Mizrahi, 1994). A floração de pitayas vermelhas se inicia no verão (quente e chuvoso) em dois a cinco surtos e o fim da frutificação ocorre entre os meses de janeiro e maio, o que indica que altas temperaturas e precipitação são fatores que estimulam a reprodução da pitaya. Devido aos surtos de florada, observam-se plantas com botões florais em estágio inicial, botões em desenvolvimento, frutos verdes e maduros em um mesmo período (Marques et al., 2011).

A temperatura parece estar diretamente relacionada ao fotoperíodo no que tange à indução floral de pitayas. Foi verificado que a redução no comprimento do dia, no verão, para oito horas inibiu o desenvolvimento das aréolas da extremidade distal dos cladódios para indução floral. Foi observado também que o tratamento noturno, submetendo as plantas a quatro horas adicionais de luz por dia (das 22h00 às 02h00, com uso de lâmpadas incandescentes) nas estações frias, pode ser aplicado para produzir pitaya fora de época, entretanto a duração do tratamento noturno (em semanas) para indução floral foi maior na estação mais fria do que na mais quente (Jiang et al., 2012).

A antese das flores de pitaya é noturna e dura aproximadamente 15 horas, com abertura das flores ocorrendo 1 a 1,5 horas antes do pôr do sol, com o máximo da abertura das 23h a 01h, e o fechamento se inicia nas primeiras horas da manhã, com fechamento completo, seis horas depois do nascer do sol (Marques et al., 2011; Weiss; Nerd; Mizrahi, 1994).

No que diz respeito à fecundação, *H. polyrhizus* e *H. costaricensis* não são autofecundáveis e a polinização cruzada com outras espécies resulta em alta fixação de frutos (100%). A espécie *H. undatus*, por outro lado, é autofecundável, tendo fixação de frutos com autopolinização. Já em pitaya amarela (*H. megalanthus*), a polinização cruzada entre plantas da mesma espécie resulta em uma alta fixação de frutos e cada planta é autofecundável. No caso dessas duas espécies autofecundáveis, *H. megalanthus* é capaz de fixar frutos sem o envolvimento de um vetor de polinização (o que não ocorre em *H. undatus*), embora a fixação seja um pouco menor do que com polinização manual, de acordo com a Tabela 3 (Weiss; Nerd; Mizrahi, 1994).

Tabela 3. Porcentagem de fixação de frutos em espécies de pitaya sob diferentes formas de polinização (Adaptado de Weiss, Nerd e Mizrahi, 1994).

Espécies	Fixação de frutos (%)		
	Polinização cruzada manual	Autopolinização manual	Flores cobertas, não perturbadas
<i>Hylocereus polyrhizus</i>	100 ^x	0	---
<i>H. costaricensis</i>	100 ^x	0	---
<i>H. undatus</i>	100 ^x	50	0
<i>H. megalanthus</i>	100 [*]	100	73

^xCruzamentos com pólen de um clone de *Hylocereus* diferente, simultaneamente florescente. ^{*}Cruzamento com pólen do outro clone de *H. megalanthus*

Weiss, Nerd e Mizrahi (1994), verificaram também que a origem do pólen exerce influência no peso do fruto de pitaya. Na espécie autofecundável *H. undatus*, o fruto obtido por polinização cruzada manual com outras espécies de pitaya vermelha (*H. polyrhizus* e *H. costaricensis*) foi significativamente mais pesado do que o fruto obtido por autopolinização manual. Também observaram, que os maiores frutos em cada uma das espécies de pitaya vermelha foram obtidos por combinações cruzadas entre espécies do grupo (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito da origem do pólen no peso dos frutos (gramas) em espécies de pitaya vermelha *Hylocereus* (Adaptado de Weiss, Nerd e Mizrahi, 1994).

Macho	Fêmea		
	<i>H. polyrhizus</i>	<i>H. undatus</i>	<i>H. costaricensis</i>
<i>H. polyrhizus</i>	---	580	384
<i>H. undatus</i>	476	182	298
<i>H. costaricensis</i>	539	633	---
Tukey: DSM _{0,05} , n = 8	155	90	46

Os frutos da pitaya amarela, *H. megalanthus*, apresentaram menor peso do que os frutos das espécies de pitaya vermelha, *H. polyrhizus*, *H. undatus* e *H. costaricensis* (Tabelas 4 e 5). Nas espécies de pitaya vermelha, a fixação e o peso dos frutos foram menores com polinização aberta (visitas de abelhas) do que com polinização manual (Weiss; Nerd; Mizrahi, 1994).

Em *H. megalanthus*, a polinização cruzada manual e a autopolinização manual produziram frutos com pesos semelhantes, sendo estes cerca de duas vezes mais pesados do que os que tiveram autopolinização automática (Tabela 4) (Weiss; Nerd; Mizrahi, 1994).

Tabela 5. Efeito do método de polinização no peso dos frutos (gramas) em *Hylocereus megalanthus* (Adaptado de Weiss, Nerd e Mizrahi, 1994).

Método de polinização	<i>H. megalanthus</i> Clone A	<i>H. megalanthus</i> Clone B
Autopolinização manual	77	86
Polinização cruzada manual	98	108
Flores cobertas, não perturbadas / autopolinização automática.	38	51
Tukey: $DSM_{0,05}$, n = 8	44	50

A fenologia reprodutiva da pitaya vermelha (*Hylocereus undatus*), desde a subfase de emissão das gemas até a maturação dos frutos, foi acompanhada por Marques et al. (2011), em Lavras, MG. De acordo com os autores, a sequência dos eventos fenológicos que ocorrem durante o período reprodutivo da pitaya vermelha são (Figura 2): (A) aparecimento do botão floral; (B, C, D, E, F) alongamento do botão floral; (G, H, I, J) início do desprendimento das sépalas; (K, L, M, N) abertura da flor; (O, P) flor polinizada, (Q, R) fruto em crescimento, (S, T, U) início da maturação do fruto; (V) maturação do fruto; (W) frutos maduros cortados transversalmente e; (X) detalhe da aréola cicatrizada após a retirada do fruto.

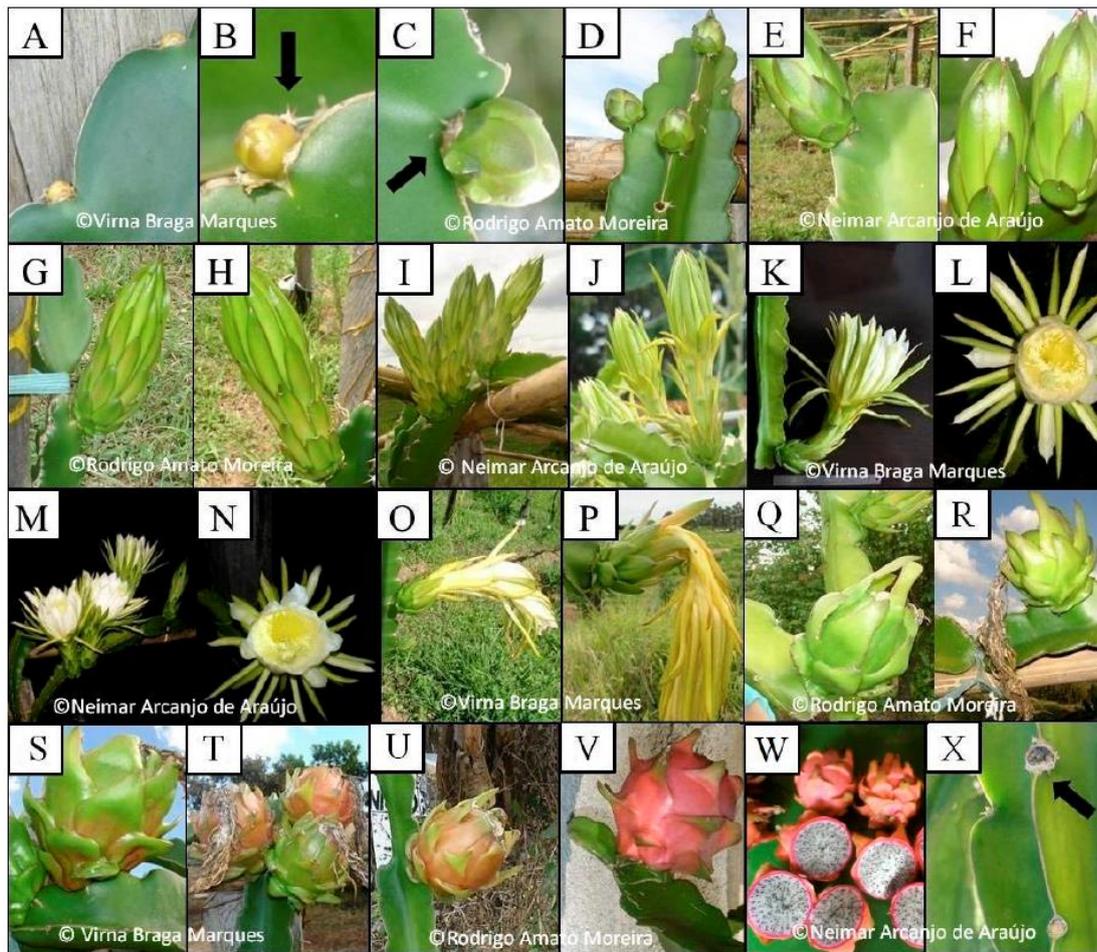


Figura 2. Sequência dos eventos fenológicos da pitaya vermelha (*H. undatus*) durante período reprodutivo (Adaptado de Marques et al., 2011).

Marques et al. (2011), observaram que o botão floral *H. undatus* se desenvolve no período de 19 a 21 dias e, nesse período, ele inicia com diâmetro de 0,5 a 0,7 cm; começa a se alongar até ficar com 26 a 28 cm de comprimento, quando as sépalas externas começam a se desprender. Após polinização, observa-se o início do desenvolvimento do fruto, que é caracterizado pela dessecação dos restos florais (pétalas, estames e estigma), que podem se desprender ou não do fruto até a colheita. No início do crescimento dos frutos, as brácteas externas, que são extensões do pericarpo, recobrem completamente os frutos e com o aumento do volume do mesmo, elas diminuem. Mesmo depois de o fruto ter adquirido a sua coloração final, rosa a vermelho intenso, as brácteas se mantêm verdes, contrastando com o fruto.

A maturação fisiológica do fruto de pitaya é iniciada com a primeira manifestação da coloração vermelha (ou amarela, em *H. megalanthus*) na casca. A maturação completa ocorre de 30 a 40 dias após a abertura da flor, quando o fruto adquire a coloração rosa a vermelho intenso e a textura firme. O período reprodutivo da pitaya vermelha (da emissão do botão floral até a maturação dos frutos) pode variar em função da região de cultivo devido, provavelmente, às condições climáticas. Na região de Lavras, MG, esse período reprodutivo é

de cerca de 50 a 60 dias, ocorrendo de novembro a maio, enquanto que nas condições do México, o ciclo reprodutivo compreende de 39 a 52 dias (Marques et al., 2011).

Assim que o fruto maduro é retirado, a gema de onde ele se originou cicatriza, não podendo mais se diferenciar em órgão reprodutivo ou vegetativo. A pitaya é uma planta perene com ciclo fenológico que se repete a cada ano, como mostrado na Tabela 6 (Marques et al., 2011).

Tabela 6. Fenologia reprodutiva de pitaya vermelha no município de Lavras, MG. (Adaptado de Marques et al., 2011).

Fases	Subfases	Período
Florescimento	Emissão das gemas ao início do aparecimento do botão floral (evolução da gema floral)	19-21 dias
	Alongação da flor	1-2 dias
	Abertura floral	15 horas
	Vingamento do fruto	2-4 dias
Frutificação	Crescimento do fruto	23-27 dias
	Maturação do fruto	5-6 dias
	Período do florescimento à maturação do fruto	50-60 dias

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A pitaya tem forte resistência ao calor, com faixa ideal de temperatura para seu desenvolvimento em torno de 18 a 26°C e é bem adaptada a altitude entre 0 e 1850 m sobre o nível do mar (Donadio, 2009). Ademais, adversidades climáticas como má distribuição da disponibilidade hídrica e a ocorrência de temperaturas e radiação inadequadas pode afetar o crescimento desta planta nas diversas fases de desenvolvimento.

Adversidades climáticas, sobretudo na fase de florescimento, que exige condições ambientais específica, afetam o desenvolvimento da pitaya. De acordo com Marques et al. (2011) e Nerd et al. (2002), altas temperaturas inibem a produção de flores nas espécies *H. undatus*, *H. polyrhizus* e *H. costaricensis*. O florescimento também decai à medida que a disponibilidade hídrica é reduzida (Takata, 2012).

A pitaya é uma espécie CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*), logo, é altamente eficiente no uso e absorção da água, principalmente devido ao comportamento dos estômatos que abrem durante a noite e fecham durante o dia. Desta forma, diminuem a perda de água por transpiração, enquanto continuam realizando a fotossíntese a partir do ácido málico fixado à noite. Uma planta CAM precisa de 50 a 100 gramas de água para fixar um grama de carbono, valor considerado baixo se comparado a uma C3 ou C4, que precisaria de até 500 gramas de água (Taiz; Zeiger, 2013).

Dentre as adaptações anatômicas, destacam-se a presença de cera na casca, cutícula espessa, estômatos em depressões da epiderme e tecido parenquimático capaz de reter água (Nobel, 2002). Nas adaptações morfológicas, é possível citar a presença de espinhos e tricomas, que são estruturas modificadas capazes de auxiliar contra a perda d'água pela transpiração. Os espinhos reduzem a área fotossinteticamente ativa ao sombrear o córtex fotossintético da radiação solar (Mauseth, 2006).

14. Estratégias para altas produções

O cruzamento entre espécies de pitaya vermelha, por meio de polinização cruzada manual, resulta em híbridos com mais vigor (Silva, 2014) e frutos maiores e mais pesados. Observou-se também que nas pitayas *H. polyrhizus* e *H. costaricensis*, que não são autofecundáveis, a polinização cruzada com outras espécies resultou em alta fixação de frutos (100%). A espécie *H. undatus*, que é autofecundável, teve boa fixação de frutos com autopolinização. Em pitaya amarela (*H. megalanthus*), também autofecundável, a polinização cruzada entre plantas da mesma espécie resulta em uma alta fixação de frutos (Weiss; Nerd; Mizrahi, 1994). Deste modo, esses fatores devem ser levados em conta quando se busca altas produções desse cultivo.

Ademais, o cultivo em regiões com condições ambientais ótimas para as diferentes espécies de pitaya, considerando luminosidade, temperatura, precipitação, umidade, relevo, altitude, entre outros fatores ambientais, tem reflexos no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da planta e, conseqüentemente, na produtividade e qualidade dos frutos, corroborando a importância de um zoneamento agroclimático para a cultura (Nobel, 2002).

15. Efeitos de reguladores vegetais

A pitaya, como a maioria das plantas de dias longos que respondem ao fotoperíodo, apresenta produção de hormônios vegetais da classe das giberelinas, que são responsáveis pelo alongamento celular (Taiz; Zeiger, 2013). Neste sentido, Takata (2012) observou aumento das seguintes variáveis com a aplicação de giberelina em pitaya vermelha (*H. undatus*): massa média dos frutos na concentração de 115,9 mg L⁻¹ e diâmetro dos frutos em 100 mg L⁻¹. Verificou-se aumento no número de frutos em 22 mg L⁻¹, na fixação dos frutos em 129,12 mg L⁻¹ e na relação SS/AT (SS – sólidos solúveis; AT – acidez titulável), em 152 mg L⁻¹. Dessa forma, a aplicação de giberelina em concentrações de 100 a 150 mg L⁻¹ contribuem para obtenção de frutos de melhor qualidade (Takata, 2012).

A respeito do desenvolvimento radicular, é importante haver um equilíbrio hormonal entre promotores e inibidores do enraizamento. Esse equilíbrio pode ser obtido pela aplicação exógena de reguladores vegetais, como o ácido indolbutírico (IBA), que eleva a concentração de auxina no tecido.

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

A senescência representa um aspecto programado e adaptativo do desenvolvimento das plantas e diz respeito a um processo dependente de energia, controlado pela interação de fatores ambientais com fatores intrínsecos geneticamente regulados (Taiz; Zeiger, 2013). Embora esse processo leve à morte de tecidos antigos, a senescência difere da necrose, pois esta é desencadeada por danos físicos, pesticidas e herbicidas ou outros impactos externos, enquanto aquela envolve a degradação ordenada de conteúdos celulares e remobilização de nutrientes (Taiz; Zeiger, 2013). A senescência redistribui nutrientes para as partes em crescimento da planta, via floema, e pode servir como uma estratégia de sobrevivência durante condições adversas, como estresse hídrico e por temperatura, mas também pode ocorrer por processos normais de desenvolvimento (Taiz; Zeiger, 2013).

A senescência envolve a expressão de um gene regulatório que, por sua vez, desencadeia a expressão de muitos genes secundários (chamados genes associados à senescência, SAGs) que, finalmente, causam o processo de senescência. SAGs incluem, por exemplo, genes que codificam enzimas hidrolíticas, como proteases e lipases, bem como enzimas envolvidas na biossíntese de etileno – hormônio conhecido por induzir a senescência. Há diversos tipos de senescência, cada qual com seus desencadeadores e ciclos próprios, dentre eles cita-se a senescência de frutos (amadurecimento) e de órgãos florais (Taiz; Zeiger, 2013).

Em pitaya, a senescência está associada, por exemplo, à vida útil da fruta na pós-colheita. As frutas de pitaya *Hylocereus* têm vida útil aproximada de sete a dez dias à temperatura ambiente e esse período é limitado por sintomas de senescência, como declínio acentuado da acidez e dos açúcares, amarelecimento e murchamento das escamas e amolecimento da fruta. Temperaturas entre 10-12°C retardam os processos de senescência e permitem que as frutas sejam armazenadas por até 14 dias; e por mais tempo sob temperaturas de 4-6°C (Nobel, 2002). Entretanto, sob essas condições de resfriamento, as pitayas podem desenvolver sintomas de lesão por frio, como descascamento e apodrecimento após transferência à temperatura ambiente (Nobel, 2002).

Do ponto de vista da importância econômica e do aproveitamento de resíduos, a pitaya pode ser fonte de diversas utilidades além daquelas associadas à alimentação humana. Os frutos, que representam a maior importância econômica, podem ser consumidos na forma de fruta fresca, polpa e industrialmente como geleias, doces, bebidas e sorvetes. Não somente os frutos, mas também os cladódios e flores podem ser consumidos, geralmente na forma de verdura, crus ou refogados. Os cladódios podem servir como forragem na alimentação de gado, ovinos, caprinos e por frangos e patos. A cultura também apresenta importância ornamental, devido à beleza das suas flores e pode ser usada como cerca-viva, devido aos seus espinhos (Silva, 2014).

Industrialmente, os frutos de pitaya podem ser processados por congelamento, concentração, desidratação, fermentação, processamento térmico e conservação química, servindo a uma série de usos. A partir da polpa e da casca, por exemplo, podem ser extraídos corantes naturais e espessantes. Os pigmentos roxos e vermelhos das pitayas *H. monacanthus* e *H. costaricensis* são potenciais fontes de corantes para a indústria de alimentos, apresentando alta estabilidade durante o processamento e armazenamento. A casca da pitaya tem potencial para ser usada em cremes hidratantes cosméticos ou ingrediente de bebidas dietéticas (Ortiz-Hernández; Carrillo-Salazar, 2012).

Referências

ABREU, W.C. et al. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.71, n. 4, p. 656-661, 2012.

ALMEIDA, E.I.B. **Sombreamento na ecofisiologia, produção e propágulos de pitaias vermelha**. 2015. 97 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

CORREIA, D.; NASCIMENTO, E.H.S.; MORAIS, J.P.S. **Crescimento de mudas de pitaya [*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton e Rose] em diferentes substratos**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2016. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 115).

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. New York: Botanical Garden, 1988.

CULLMANN, W.; GOTZ, E.; GRONER, E. **The encyclopedia of cacti**. Portland: Timber Press, 1987.

DONADIO, L.C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

ENGLER, A. (Ed.). **Syllabus der pflanzenfamilien**. Berlin: Gebruder Borntraeger, 1964.

FERNANDES, D.R. et al. Improvement of production and fruit quality of pitayas with potassium fertilization. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 40, e35290, 2018.

JIANG, Y. et al. The Photoperiod-regulated bud formation of Red Pitaya (*Hylocereus* sp.). **HortScience**, Alexandria, v. 47, n. 8, p. 1063–1067, 2012.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. **Fruits**, Paris, v. 61, n. 4, p. 237–250, 2006.

MARQUES, V.B. **Propagação seminífera e vegetativa de pitaia (*Hylocereus undatus* (Haw) Britton e Rose)**. 2008. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARQUES, V.B. et al. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-987, 2011.

MAUSETH, J.D. Structure-function relationships in highly modified shoots of *Cactaceae*. **Annals of Botany**, Oxford, v. 98, n. 5, p. 901-926, 2006.

NOBEL, P.; DE LA BARRERA, E. High temperatures and net CO₂ uptake, growth, and stem damage for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. **Biotropica**, Washington, v. 34, p. 225-231, 2002.

NOBEL, P.S. (Ed.). **Cacti: biology and uses**. Berkeley; Los Angeles: University of California Press, 2002.

ORTIZ-HERNÁNDEZ, Y.D.; CARRILLO-SALAZAR, J.F. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 3, n. 4, p. 220-237, 2012.

SILVA, A.C.C. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2014.

SILVA, M.T.H.; MARTINS, A.B.G.; ANDRADE, R.A. Enraizamento de estacas de pitaya vermelha em diferentes substratos. **Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 61-64, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TAKATA, W.H.S. **Florescimento e frutificação de pitaya vermelha com diferentes concentrações e épocas de aplicação de GA3**. 2012. 55 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2012.

WEISS, J.; NERD, A.; MIZRAHI, Y. Flowering behavior and pollination requirements in climbing cacti with fruit crop potential. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.12, p.1487–1492, 1994.

BRÓCOLIS



BRÓCOLIS (*Brassica oleraceae*)

Felipe Carrara de Brito

Luisa Carolina Baccin

1. Origem e distribuição geográfica

Existem várias teorias sobre o progenitor da espécie *Brassica oleraceae* L. e sua área de domesticação. Estudos recentes apontam uma espécie selvagem na região do atlântico europeu como um parente próximo das espécies cultivadas. A hipótese formulada seria que a domesticação da espécie ocorreu na área do Mediterrâneo e com o movimento das culturas foi distribuída pela costa atlântica.

As variedades botânicas de *Brassica oleraceae* possuem na verdade a mesma origem e o mesmo número de cromossomos ($2n=18$). A seleção feita pelo homem no decorrer da domesticação originou as espécies de couves (couve-de-folhas, couve-flor, couve-de-bruxelas) brócolis e repolho.

Brócolis, ou broccolli, do italiano, significa braço ou ramo. Este termo é usado para descrever os ramos florais comestíveis que ocorrem em Brássicas e inclui as variedades que apresentam uma grande inflorescência terminal esverdeada.

Segundo Buck (1954), brócolis pertence à família da mostarda, que é cultivada a mais de 8000 anos por civilizações persas e chinesas. Cerca de 2500 anos atrás, os gregos, e em seguida os romanos, começaram a cultivar, na região da Itália, as primeiras variedades de brócolis, que surgiram da seleção da couve selvagem, que podia ser encontrada em toda a região costeira da Europa.

O centro de origem da maioria das espécies do gênero está localizado no leste Mediterrâneo e na região da Sicília. As espécies do gênero são cosmopolitas, porém tem seu crescimento favorecido em áreas similares às do ambiente de origem da espécie, desta forma observa-se que a maioria dos cultivares é bem adaptada ao desenvolvimento em locais com baixas temperaturas. A altitude das populações de brássicas varia desde o nível do mar até 1000 metros, para algumas espécies.

Atualmente, o dado mais recente de produção entre couve-flor e brócolis é de 2016 com uma produção mundial de mais de 25 milhões de toneladas segundo a FAO, onde a China é o maior produtor com 10 milhões de toneladas seguido de Índia com oito milhões e os Estados Unidos que produziu um milhão de toneladas.

No Brasil brócolis é amplamente cultivado devido à adaptação dos cultivares provenientes dos programas de melhoramento genético. A produção concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, com destaque para os estados de São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Distrito Federal. Porém em outras regiões se cultiva brócolis, principalmente nos meses de inverno. Deve-se atentar à disponibilidade de água, devido à característica da ocorrência de estiagens nestas épocas do ano.

2. Classificação botânica

O brócoli pertence à família Crucíferaceae, e é uma das numerosas e distintas variedades da espécie *Brassica oleraceae*, sendo seu nome científico *B. oleraceae* var. *itálica*. A classificação botânica segue descrita na Tabela 1.

Tabela 2. Classificação botânica.

	Engler	Cronquist
Reino	Plantae	Plantae
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Monocotyledonae	Magnoliopsida
Subclasse	Archychamudeae	Dilleniidae
Ordem	Papaverales	Capparales
Família	Cruciferae	Brassicaceae (= Cruciferae)
Gênero	<i>Brassica</i>	<i>Brassica</i>
Espécie	<i>Brassica oleraceae</i> L.	<i>Brassica oleraceae</i> L.
Variedade	<i>B. oleraceae</i> var. <i>italica</i> L.	<i>B. oleraceae</i> var. <i>italica</i> L.

3. Morfologia e variedades

O brócoli (*B. oleraceae* var. *italica*) diferencia-se da couve-flor (*B. oleraceae* var. *botrytis*), a qual pertence a mesma espécie, por suas folhas mais divididas e pecioladas, os grupos de botões florais verdes ou roxos menos densamente organizados com pedúnculo mais longo. Em brócolis, a cabeça é formada por uma massa de botões florais totalmente diferenciados, tendo alguns abortados antes da floração, enquanto para a couve-flor a cabeça é formada por uma massa de meristemas florais da qual cerca de 10% realmente se desenvolve em botões florais, abortando o restante.

Os principais cultivares de importância comercial no Brasil estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Principais cultivares comercializados no Brasil (Adaptado de Melo, 2015).

Empresa	Cultivar	Tipo
Sakama	Asly*	Ramoso
Sakama	Hanana*	Ramoso
Sakata	Hanapon*	Ramoso
Sakata	Hanabi (AF 950)*	Ramoso
Hortec	Ramoso de Brasília ^{OP}	Ramoso
Agristar	Ramirez*	Ramoso
(1)	Ramoso Piracicaba ^{OP}	Ramoso
(1)	Ramoso Santana ^{OP}	Ramoso
Sakama	Shiguemori*	Inflorescência única
Sakama	Lord Summer*	Inflorescência única
Sakata	Avenger*	Inflorescência única
Sakata	Green Magic (AF576)*	Inflorescência única
Sakata	Imperial*	Inflorescência única
Sakata	Marathon*	Inflorescência única
Seminis	BC 1691	Inflorescência única
Seminis	Grandissimo*	Inflorescência única
Seminis	Legacy*	Inflorescência única
Seminis	Steel*	Inflorescência única
Syngenta	Mônaco*	Inflorescência única
Syngenta	BRO 68*	Inflorescência única
Tecnoseed	Bozano*	Inflorescência única
Tecnoseed	Thunder*	Inflorescência única
Tecnoseed	Triton*	Inflorescência única
Feltrin	Yahto*	Inflorescência única
Feltrin	Saiteki*	Inflorescência única
Feltrin	Luxor*	Inflorescência única
Feltrin	Calabrês de cabeça ^{OP}	Inflorescência única
Feltrin	Bibou*	Inflorescência única
Isla	Strong*	Inflorescência única
Isla	Green Storm Bonanza*	Inflorescência única
Bejo	Burney	Inflorescência única
Takii	Centenário*	Inflorescência única
Enza Zaden	Corato*	Inflorescência única
Horticeres	Domador*	Inflorescência única
Agrocinco	Florence*	Inflorescência única
Agristar	Lion*	Inflorescência única
Agristar	Salinas*	Inflorescência única
Nivkerson-Zwaan	Nz471*	Inflorescência única

* Híbrido; OP – Polinização aberta (variedade); (1) – Domínio público – várias Empresas.

A maioria dos cultivares de brócolis comercializados no Brasil atualmente é oriunda dos programas de melhoramento genético realizado em regiões de clima temperado, como Europa, Ásia e América do Norte e desta forma são cultivares mais adaptados ao cultivo em regiões de clima mais ameno (como é o caso das regiões Sul e Sudeste).

Os brócolis podem ser divididos em dois grupos varietais, com características distintas, o grupo ramoso de pedúnculo longo e ramificado, botões florais grandes e de coloração verde escuro, e o grupo de cabeça única ou ninja, com um único pedúnculo curto, botões florais pequenos e coloração verde claro.

Esses grupos variam ainda quanto à colheita, de forma que as plantas do grupo ramoso produzem de forma a viabilizar uma colheita contínua, e o grupo de cabeça única somente pode ser colhido uma única vez.

O grupo cabeça única, assim denominado em função da dominância apical é, na sua maioria, constituído por híbridos e importados. Os genótipos do grupo ramoso são oriundos do melhoramento genético nacional e são cultivados no outono-inverno e primavera-verão devido à sua ampla adaptação climática.

Devido às diferenças entre as características morfológicas, a forma de comercialização também difere, onde brócolis de cabeça única, por ter flores menores e mais aderidas, podem ser congelados, resfriados ou vendidos ao natural, enquanto os ramosos são em sua maioria comercializados ao natural.

4. Germinação e propagação

A reprodução da espécie é realizada por sementes, podendo ser semeadas diretamente no local de cultivo ou em sementeiras e posteriormente as mudas são transplantadas. No caso de brócolis, por possuir sementes pequenas e de elevado valor, como é o caso dos híbridos F1, recomenda-se a produção de mudas e o transplante das mesmas.

O transplante de mudas é o procedimento mais adotado pelos produtores dessa hortaliça, pois a eficiência operacional é maior, é possível obter um estande de plantas mais uniforme e permite adotar as práticas de controle de pragas, doenças e plantas invasoras antes da instalação das plantas no local de cultivo. A emergência das plantas pode apresentar variação, mesmo o lote apresentando uma boa germinação, devido ao vigor das plantas.

A planta de brócolis necessita em média de 30 dias desde a germinação da semente até a formação da muda. Quando a planta atingir seis a sete folhas é recomendado fazer o transplante da muda para o local de cultivo. Recomenda-se o transplante no espaçamento

entre plantas de 0,70 a 1,20m e 0,40 a 0,80 m entre fileiras, variando de acordo com o potencial de crescimento da linhagem.

Gherbin et al. (2012), estudaram a resposta dos brócolis de acordo com o sistema de produção de mudas e o período de transplante. O rendimento das cabeças de brócolis foi significativamente influenciado pelo volume do recipiente de semeadura, tendo um acréscimo de produção no maior recipiente (2,4 cm³). Quanto à data de transplante das mudas, a maior produção foi das linhas transplantadas no mês de setembro, em comparação com as mudas transplantadas no mês anterior.

5. Desenvolvimento de raízes

O sistema radicular de *B. oleraceae* cv. *Italica* é fortemente ramificado e concentra-se nos primeiros 30 cm do solo, com algumas raízes laterais alcançando maiores profundidades. As raízes são pivotantes e o sistema radicular pode ser modificado com a produção de mudas, durante o transplante ou amontoa. As raízes de brássicas tendem a ser fibrosas e a raiz principal e as laterais penetram no solo normalmente em ângulo oblíquo, formando uma massa semelhante a um cone, com a parte mais estreita em profundidade.

A densidade das raízes, de acordo com Gherbin et al. (2012), é reduzida conforme aumenta-se a distância entre plantas e em profundidade no solo, uma vez que a maioria das raízes da cultura estão distribuídas mais superficialmente no solo.

Com um forte órgão dreno (inflorescência), estas plantas devem receber quantidades ideais de água e nutrientes para que o seu desenvolvimento seja satisfatório.

6. Desenvolvimento do caule e das folhas

O caule apresenta-se ereto e pode emitir raízes adventícias na porção basal. As folhas desenvolvem-se em rosetas em volta do grupo de botões florais (ou cabeça). As folhas são glabras e grandes (15-20 cm), com alta deposição de cera na lâmina foliar, característica que confere às plantas do gênero a tolerância a algumas pragas.

As variedades de brássicas, durante seu ciclo passam pelo estágio de desenvolvimento vegetativo, o qual compreende o período de juvenilidade e o período indutivo. Durante o período de juvenilidade o desenvolvimento floral não pode ser induzido, mesmo em condições favoráveis. No período compreendido entre 30 e 60 dias após o plantio da cultura ocorre a fase de desenvolvimento do número de folhas definitivas (cinco a sete folhas) e crescimento do limbo foliar.

Este período de juvenilidade é considerado um problema no desenvolvimento das brássicas, uma vez que não há nenhuma alteração bioquímica observada que caracteriza o fim desta fase. A duração dessa fase é dependente da temperatura ambiente e da resposta do genótipo. Após este período inicia-se a diferenciação floral, seguida do desenvolvimento dos botões florais e formação da cabeça. A formação da área foliar vai definir o potencial produtivo da planta.

O número total de folhas nas plantas de brócolis está diretamente relacionado com a temperatura do ar. As plantas que se desenvolvem em locais com temperaturas mais amenas florescem com menor número de nós, desta forma produzem menos folhas do que as plantas cultivadas em locais mais quentes. As folhas também podem ser consumidas, porém devido ao hábito de consumo da couve (couve-de-folhas e couve-manteiga), o consumo das folhas de brócolis não é muito comum na culinária brasileira.

A iniciação da cabeça é definida como o momento em que o ápice atinge diâmetro de 0,6 mm. Esse modelo é em função da resposta de temperatura (temperatura base, ótima e máxima). Alguns modelos são propostos para sugerir o desenvolvimento do cultivo em resposta à temperatura e podem ser adotados visando padronizar o aspecto das folhas para o transplante das mudas para o desenvolvimento homogêneo da cultura.

7. Efeitos de fatores ecológicos

Como a maioria dos cultivares plantados no Brasil teve seu desenvolvimento em regiões de clima temperado como Ásia, Europa, e América do Norte, esta é uma planta adaptada para regiões de clima mais ameno, se desenvolvendo melhor nas regiões sul e sudeste em épocas com menores temperaturas e incidência de chuvas.

O efeito da temperatura do ar é o fator ambiental que mais afeta o crescimento e o desenvolvimento das brássicas e pode ser a principal causa dos altos ou baixos rendimentos da cultura. A temperatura do ar influencia na formação de folhas nestas espécies, como resposta a altas temperaturas a planta prolonga seu ciclo e continua a emissão de folhas. Ainda, em regiões cuja temperatura chega acima de 30°C, os brócolis podem apresentar deformidades na cabeça, diminuindo seu valor de mercado, por isso é imprescindível o uso de variedades tolerantes ao calor em regiões de altas temperaturas.

A iniciação da inflorescência, ou cabeça, é um processo fundamental na cultura, uma vez que este constitui o órgão de interesse econômico. A planta de brócolis necessita de um período com temperatura relativamente baixa para iniciar a formação da inflorescência. Este processo pode ser atrasado ou até impedido em condições de temperaturas muito elevadas.

Brócolis de cabeça são mais sensíveis a altas temperaturas em comparação com brócolis ramosos. Com os avanços do melhoramento genético foram desenvolvidos novos cultivares adaptados a climas tropicais, possibilitando seu cultivo em regiões com temperaturas mais elevadas, possibilitando o cultivo em outras regiões do Brasil. Quando o estresse por altas temperaturas ocorre na planta na fase vegetativa, não há formação de lesão na cabeça. Porém se o estresse ocorre após a diferenciação floral, muitos botões são afetados, porém os botões florais das gemas mais antigas podem ocupar estes espaços.

A planta de brócolis possui uma grande resistência ao frio, somente parando de vegetar em temperaturas que sejam menores que 5°C, conseguindo até suportar geadas, entretanto, se a geada acontecer após a emergência da inflorescência, ela pode causar lesões. Ainda, a exposição a baixas temperaturas (abaixo de 10°C) por longos períodos, associada à baixa fertilidade do solo, pode levar ao florescimento precoce.

Quanto ao fotoperíodo, a faixa de adaptação dos brócolis é bastante ampla devido à falta de sensibilidade da planta ao comprimento do dia. O excesso de umidade no caule das plantas pode favorecer a incidência de doenças, como a hérnia das crucíferas.

8. Relações hídricas

A cultura dos brócolis é altamente exigente em água, uma vez que o estresse hídrico pode afetar o desenvolvimento da cabeça, órgão de interesse econômico, perdendo valor de comercialização. Alterações no crescimento das inflorescências, ou formação do caule oco podem ser decorrentes da falta de água na cultura.

O excesso de água no solo também é prejudicial ao desenvolvimento dos brócolis, pois restringe o desenvolvimento das raízes devido à falta de O₂ e também por promover condições favoráveis para desenvolvimento de patógenos de solo, como o fungo *Plasmodiophora brassicae*, que causa a hérnia das crucíferas.

Na maioria das áreas de cultivo de brócolis é irrigada. A técnica mais utilizada é a irrigação por aspersão, porém este método não apresenta distribuição uniforme de água quando comparado ao método de aplicação localizada.

A produtividade média de diferentes cultivares de brócolis obtida para o estado do Mato Grosso do Sul foi de 12,33 t ha⁻¹ quando irrigados por aspersão, enquanto o cultivo irrigado com sistemas localizados proporcionou maior produtividade com médias superiores a 21 t ha⁻¹.

A necessidade de água tem relação direta com a assimilação de matéria seca pela planta, sendo a relação entre taxa de matéria seca e a taxa de transpiração é que define a eficiência do uso de água e a produtividade de determinada cultura.

Estudos indicam que para a produção de 1 kg de brócolis em sistema de gotejamento foram necessários 200 L de água. Já no sistema de aspersão convencional foram necessários 300 L de água para atingir a mesma produção (Geisenhoff et al., 2015).

9. Solos, nutrição e micorrizas

A cultura de brócolis se adapta a solos pesados ou argilosos desde que ricos em matéria orgânica. O manejo dos nutrientes na cultura de brócolis é fundamental para obtenção de altas produções. Os cultivares mais recentes, devido ao avanço do melhoramento genético, são cada vez mais responsivos à adubação.

A adubação orgânica tem seus benefícios em relação à adubação mineral, pois os nutrientes do composto orgânico são lentamente disponibilizados por dependerem do processo de mineralização da matéria orgânica.

O nitrogênio é essencial para qualquer cultivo, por ser componente de biomoléculas muito importantes como proteínas, clorofila, ATP, NADPH. Já o potássio, é o mais importante cátion na fisiologia do vegetal, não exercendo uma função estrutural, mas sim agindo como ativador enzimático, e de regulação da turgidez das células, sendo imprescindível na fotossíntese, transporte de água e movimentação de nutrientes. Estes dois elementos são os de maior demanda pelos brócolis, sendo a deficiência destes a causa do surgimento de anomalias em muitas vezes dos casos.

A cultura responde com alta produtividade ao fornecimento de N, em especial no plantio. A demanda de nitrogênio pela cultura é de aproximadamente 300 kg ha⁻¹ e os períodos de maior exigência são no plantio para que haja o desenvolvimento inicial da planta e no início do desenvolvimento da cabeça, sendo este o momento correto da adubação complementar de nitrogênio, em cobertura.

O potássio (K) é um macronutriente chave nos processos de ativação de enzimas, que necessitam de um cátion covalente para a sua ativação e o potássio é utilizado pela maioria delas. Também está associado com a síntese proteica, aumenta a eficiência da adubação nitrogenada, participa dos transportes através de membranas, dentre outras funções no metabolismo que faz com que o K seja o cátion mais abundante no vegetal, sendo fundamental para a obtenção de uma inflorescência de qualidade.

O fósforo, devido à baixa eficiência de absorção é o nutriente aplicado em maior quantidade na cultura, apesar de não ser o nutriente mais acumulado. É aconselhável adicionar a adubação de boro à adubação de plantio, cerca de 3 a 4 kg ha⁻¹ além de se realizar aplicações foliares de ácido bórico durante o desenvolvimento da cultura, pelo menos três vezes no ciclo.

As Brássicas em geral são muito exigentes em alguns micronutrientes pontuais, como é o caso do Boro e do Molibdênio, que são necessários na formação do aglomerado de botões florais, ou cabeça. A deficiência desses nutrientes pode resultar na chamada medula oca e na formação de inflorescências pequenas e pouco compactas. O pH considerado ótimo para o desenvolvimento da cultura oscila entre 6,5 e 7,0. Em valores de pH menores ocorre a deficiência de molibdênio (Mo) e valores de pH maiores aumentam a carência nutricional de elementos como manganês (Mn) e boro (B).

A aplicação de boro na cultura de brócolis é muito importante, porém não pode ser realizada de forma indiscriminada, pois o limite entre a deficiência e a toxicidade é estreito. O boro desempenha funções em determinados processos como o transporte do ácido indolilacético, atividade da ATPase, estando envolvido no alongamento celular e é um importante nutriente para a integridade estrutural.

A quantidade de nutrientes considerada adequada para a maioria das regiões produtoras de brócolis está descrita na Tabela 3:

Tabela 3. Necessidade de NPK em kg na cultura dos brócolis (Adaptado de Castro e Melo, 2015).

	N	P₂O₅	K₂O
Plantio	60 - 120	50 - 400	50-240
Cobertura	15 - 200	-	50 - 120

O acúmulo de nutrientes na cultura se dá na seguinte ordem: K>N>Ca>P>Mn>S>Zn>B>Mg>Fe>Cu>Mo. As brássicas são altamente responsivas e têm taxa de conversão dos nutrientes em curto tempo.

A correção de solo é uma prática importante e para a cultura dos brócolis sendo que a recomendação da aplicação de calcário visa elevar a saturação por bases para 80% e o teor de Mg, para no mínimo de 9 mmol/dm³.

10. Fotossíntese e translocação

As plantas da família Brassicaceae apresentam metabolismo fotossintético C3 de maneira que formam ácido 3-fosfoglicérico, que é um composto de 3 carbonos, após a fixação

das moléculas de CO₂. São plantas que possuem melhor adaptação à ambientes frios e úmidos e devido ao mecanismo fotossintético a conversão do CO₂ em açúcares para ser utilizado pela planta, torna-se limitado em condições muito quentes devido à diminuição da disponibilidade de CO₂ e aumento de O₂, ocorrendo a fotorrespiração.

Apesar de não estar entre os nutrientes mais acumulados na planta, o Boro desempenha papel muito importante para a cultura dos brócolis. O movimento de B nas plantas ocorre pelo xilema, via fluxo transpiratório. O transporte do boro através das raízes para toda a planta depende de processos ativos e passivos e seu movimento verifica-se através de membranas. Já a sua distribuição a nível celular depende de extensões que permitem a formação de cisdiol e a passagem por transporte ativo e passivo.

Na maioria das plantas o boro é considerado imóvel por apresentar baixa mobilidade no floema, porém na cultura dos brócolis o boro é considerado móvel pelo floema, havendo uma redistribuição das folhas maduras para os meristemas.

A quantidade de boro disponível para a planta influencia na partição de matéria seca, na translocação de alguns elementos e na síntese e distribuição de aminoácidos e açúcares devido ao envolvimento do micronutriente nos processos que ocorrem na planta. Quando submetida à deficiência de boro, observam-se sintomas de início da formação do tronco oco. Shelp et al. (1987), observaram que a concentração de boro no xilema diminuiu 50% quando não houve fornecimento de boro, ou então houve a remoção após um período de fornecimento, porém a concentração no floema não foi alterada.

No mesmo estudo, os autores concluíram que quando o boro é deficiente ele é translocado de folhas de origem no fluxo do floema e abastece as folhas em desenvolvimento e a inflorescência. Já em níveis considerados tóxicos o boro sofre extensa transferência lateral, provavelmente de xilema para xilema.

A dinâmica dos nutrientes nas plantas depende de vários fatores e a deficiência de um pode prejudicar a absorção, síntese ou aproveitamento dos outros devido ao seu papel no ciclo da planta. Observou-se que em plantas de brócolis submetidas à deficiência de boro a concentração das formas de nitrogênio inorgânico foi aumentada (NO₃ e NH⁺), em relação aos açúcares nos fluidos de transporte, o que sugere que a deficiência deste micronutriente diminui a disponibilidade de carbono para exportar a seiva elaborada, bem como para a assimilação de nitrogênio inorgânico nas folhas da fonte de fotossíntese.

Também se observa que o boro possui grande influência na composição de aminoácidos, uma vez que se observam alterações na composição dos mesmos em condições de deficiência ou toxidez de boro.

11. Florescimento e frutificação

Os ramos florais constituem a parte de interesse econômico na espécie nos brócolis. Nas duas variedades de *B. oleraceae*, os brócolis e a couve-flor, uma alteração morfológica é responsável pela formação das inflorescências, denominadas cabeça. Nestas espécies (*B. oleraceae* var. *itálica* e *B. oleraceae* var. *botrytis*) as estruturas são muito maiores e mais densas do que na planta silvestre.

Para o bom desenvolvimento da cabeça, a temperatura ótima para grande parte das variedades cultivadas está entre 20°C e 24°C antes do surgimento da cabeça (inflorescência), e para seu bom desenvolvimento a temperatura ideal deve estar entre 15 e 18°C.

Segundo Carr e Irish (1997), os genes *Apetalal1* (AP1) e *Cauliflower* (CAL) são responsáveis pela transformação da espécie silvestre de *B. oleraceae* em couve-flor e brócolis. Quando ocorre uma mutação neste gene em *Arabidopsis thaliana*, desenvolvem-se aglomerados de botões florais semelhantes às que ocorrem nas plantas cultivadas. Na planta de brócolis, algumas flores permanecem muito tempo na fase de botão floral, mas as estruturas são funcionais. Diferentemente do que ocorre na couve-flor, pois nessa espécie as flores ficam inviáveis e estas não ficam maduras, sendo incapazes de florescer.

As variedades botânicas de *B. oleraceae* (repolho, couves de folhas, couve-flor, brócolis e couve-de-bruxelas) cruzam entre si com facilidade, por possuírem o mesmo número de cromossomos ($2n = 18$).

As plantas apresentam ciclo bianual, porém algumas variedades podem produzir sementes em uma única longa estação. O cultivo para produção de sementes é similar ao cultivo para comercialização das cabeças. Após o crescimento das plantas devem-se realizar avaliações e observar as características de interesse das plantas. Plantas que apresentarem características distintas devem ser eliminadas através da prática do *rouging*. As características desejáveis incluem cabeças compactas com botões de tipo e cor semelhantes e cabeças que carecem de folhas.

Brócolis plantados no início da primavera podem florescer e produzir sementes no final do verão. Assim como outras culturas (couve chinesa e mostarda) que normalmente são bienais, quando plantadas no início da estação e submetidas à temperatura adequada, podem florescer e produzir sementes em uma temporada.

A floração ocorre num período de 10 a 14 dias. As flores abrem durante as primeiras horas do dia. A polinização é cruzada e a maioria das variedades possuem nectários localizados entre o ovário e as bases de dois estames. Algumas variedades são autoestéreis,

desta forma a polinização entre flores na mesma planta não é possível devido mecanismos de incompatibilidade biológica.

No Japão, produtores de sementes utilizam estacas para produzir sementes de brócolis. As plantas são cultivadas e a cabeça é colhida antes de uma forte geada. A planta é então cortada para formar um toco e depois que há um crescimento das brotações laterais, estas são tratadas com hormônios de enraizamento (auxinas) e plantadas em canteiro. Como a planta passou pelo período de vernalização, irá produzir sementes.

O fruto é do tipo sílica e produz de 10 a 30 sementes por fruto. As sementes são pequenas de coloração marrom clara, progredindo para tons mais escuros ao decorrer do tempo. Para a cultura do repolho, por exemplo, uma planta rende até meio quilo de sementes, porém este valor não deve ser considerado como base, pois a polinização e as condições de crescimento raramente são ideais.

Devido ao grande potencial de hibridação, para fins de produção de sementes devem ser respeitadas distancias mínimas de isolamento. Os polinizadores que visitam as espécies não fazem distinção botânica entre os tipos de flores, criando subespécies. Estudos apontam a taxa de cruzamento de 0,6% entre duas variedades de brássicas plantadas a 1,5 km de distância. Este valor de contaminação não é significativo em condições de produção comercial, porém é importante para a produção de sementes puras.

12. Zoneamento agroclimático e adaptação ao meio ambiente

Cerca de 10% da produção mundial de brócolis é originária da América do Sul. O Brasil é líder de produção, responsável por 48% do cultivo da hortaliça. O Equador está em segundo lugar, com 23% da produção, porém a produção da cultura no Equador não necessita de tratamento fitossanitário devido à localização, então a produção é destinada a mercados mais exigentes.

O cultivo de brócolis no Brasil concentra-se principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país principalmente devido à temperatura de adaptação da espécie. A dificuldade em cultivar a espécie em ambientes de clima tropical se dá pela indução floral da planta ainda na fase de desenvolvimento vegetativo, desta forma ocorre redução no tamanho da planta e consequentemente na produtividade.

Para os cultivares de inverno, o cultivo em condições de temperaturas maiores do que 25°C resulta no atraso da formação da inflorescência nas plantas em desenvolvimento vegetativo, ou em plantas em que já ocorreu a diferenciação floral pode ocorrer o desenvolvimento de folhas e brácteas nos pedúnculos florais.

O cultivo de espécies adaptadas para o verão é prejudicado, pois a condição ambiental no momento de crescimento da cultura é favorável para as principais pragas e doenças do cultivo, desta forma os materiais destinados ao plantio nessa época devem ser menos sensíveis ao cultivo sob altas temperaturas e mais resistentes ao ataque de pragas e doenças.

Brócolis do tipo ramoso, por superar melhor as altas temperaturas, prevalecem em regiões de clima quente, em estados do Norte e do Nordeste do Brasil. Já o cultivo de brócolis cabeça única prevalece nos estados da região Sul e Sudeste do Brasil.

13. Estratégias para altas produções

A produção elevada depende do genótipo adaptado ao clima, às práticas agrícolas e ao manejo nutricional adotado.

Os cultivares presentes hoje no mercado, devido ao avanço do melhoramento genético apresentam-se altamente responsivos à fertilização, até mesmo às doses elevadas dos nutrientes. A primeira estratégia visando alta produção é a utilização de sementes de qualidade, com potencial fisiológico elevado e qualidade física, evitando lotes de sementes com misturas. A qualidade genética está relacionada com o potencial de produção de inflorescências em quantidade e com qualidade, a resistência a pragas e doenças, enquanto a qualidade fisiológica diz respeito à germinação e vigor das sementes.

A qualidade das sementes depende de uma série de fatores, com destaque ao estado nutricional das plantas que as produziram. Em geral a cultura dos brócolis apresenta boa resposta a aplicação de fertilizantes e devido ao melhor desenvolvimento das plantas ocorre a resposta em maior potencial de produção de sementes e de sementes de melhor qualidade.

A produção em sementeiras, muito utilizada por produtores que não dispõem de equipamentos mais tecnológicos, pode afetar o desenvolvimento das mudas, uma vez que estas são afetadas pelas adversidades do clima e são mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças. Recomenda-se a adoção do sistema de produção de mudas em bandejas, dessa forma é possível aproveitar melhor as sementes, a operação dos tratamentos culturais é facilitada. É possível no momento do transplante deixar o estande de plântulas mais uniforme, sendo que os danos às raízes são diminuídos e o transporte das mudas até o local de cultivo é facilitado, possibilitando a redução na mão de obra.

A tendência da olericultura em geral para o melhor aproveitamento do espaço e de recursos é a utilização de bandejas com maior número de células e conseqüentemente menor volume, porém para a cultura dos brócolis foi observado que a produção em recipientes com maior volume proporcionou acréscimo na produtividade das plantas. Tal fato se deve

provavelmente à melhor formação do sistema radicular durante a fase vegetativa, possibilitando o cultivar expressar seu potencial produtivo.

O uso de variedades adequadas à região e à forma de cultivo é essencial para uma boa produtividade. Hoje no mercado existem várias opções tecnológicas que favorecem o incremento da produtividade, como sistemas de irrigação e cultivo protegido.

Após a formação das mudas, o plantio é um fator determinante para a produtividade final da cultura. O espaçamento de plantio determina a quantidade de plantas por hectare e conseqüentemente a produção total e deve ser adotado de acordo com a finalidade da produção. Espaçamentos maiores formam um estande menor de plantas, porém permite que o desenvolvimento das cabeças seja maior, dependendo também do potencial produtivo do cultivar escolhido. Já os espaçamentos menores permitem a produção de mais plantas por hectare com floretes de tamanho médio, produção satisfatória, sendo utilizados para indústrias de processamento. O estande total das plantas, de acordo com o espaçamento utilizado, está descrito na Tabela 4.

Tabela 4. Estande total por hectare (em mil plantas) obtido na combinação de espaçamento entre plantas e entre linhas (Adaptado de Melo, 2015).

Espaçamento entre plantas (cm)	Espaçamento entre linhas/fileiras (cm)								
	50	60	70	80	90	100	150	200	250
50	40	33	28	25	22	20	13	10	8
60	33	28	24	21	18	16	11	8	7
70	29	24	20	18	16	14	9	7	6
80	25	21	18	16	14	12	8	6	5

Na produção de brócolis do tipo ramoso pode ser adotado o plantio em linhas duplas, adotando o espaçamento de 1 m a 1,20 m e 0,5 m entre plantas e linhas (fileira), produzindo 23 mil plantas por hectare.

Alguns produtores têm adotado o sistema de cultivo em leiras ou camalhões com objetivo de facilitar a colheita e reduzir a umidade no caule das plantas visando melhorar o controle de doenças. No plantio em canteiros há a possibilidade de uso de *mulching*, utilizando plásticos de cor preta, cinza ou prata ou então utilizando palha.

A irrigação tem se mostrado muito importante no cultivo de brócolis, e muitas vezes ela é indispensável, por conta da baixa umidade e baixa precipitação de algumas regiões. Mas o uso de sistemas de irrigação mais eficientes pode trazer ainda mais retorno, como é o caso dos sistemas de gotejamento bem calibrados, ou ainda o uso de fertilizantes juntamente com a

água de irrigação, que promove um constante fornecimento de nutrientes às plantas e de forma gradativa, evitando dessa forma uma intoxicação ou deficiência, de forma mais econômica e eficiente.

O cultivo em ambiente protegido também é uma excelente opção para o incremento da produtividade, muito empregado em pequenas áreas produtivas viabilizando sua produção em escalas menores que em cultivos a céu aberto. O cultivo protegido pode ser realizado de diversas formas, dependendo da disponibilidade e do poder aquisitivo do produtor, onde os brócolis podem ser cultivados diretamente no solo, em substrato com fertirrigação ou hidroponia.

O plantio de brócolis em sistema hidropônico é uma alternativa para o manejo de pragas e também de doenças de difícil controle em áreas infestadas, como é o caso da hérnia das crucíferas, causada pelo patógeno *Plasmodiophora brassicae*, um fungo de solo que quando presente na área de cultivo de Brássicas em geral reduz significativamente a produtividade e em alguns casos causa morte das plantas logo após o transplantio. Desta forma, essa técnica de cultivo permite a produção de mais ciclos da cultura dos brócolis.

De acordo com Melo (2010), o Sistema Plantio Direto em Hortaliças (SPDH) tem sido avaliado e validado em algumas regiões produtoras. O sistema consiste no transplantio das mudas de brócolis sobre uma camada de palha residual de culturas de cobertura de solo previamente roçadas ou desseccadas, com o preparo do solo restrito às covas ou linhas de plantio. A escolha da planta de cobertura utilizada pode interferir na adubação da cultura.

A utilização de gramíneas demanda o aumento da adubação nitrogenada, porém a planta apresenta elevada relação Carbono/Nitrogênio (C/N) apresentando lenta decomposição. As leguminosas podem ser inseridas como plantas de cobertura no Sistema de Plantio Direto visando enriquecer o sistema em função da fixação biológica de nitrogênio (MELO, 2010).

14. Efeitos de reguladores vegetais

Alguns experimentos mostraram que o uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP), prolonga a vida útil dos brócolis, principalmente quando este é mantido em refrigeração. Isso é causado pelo efeito antagônico que o 1-MCP exerce sobre a inflorescência (Copatti et al., 2012). Outro ensaio demonstrou que a aplicação da associação de auxina, giberelina e citocinina na forma do produto comercial Stimulate fez com que houvesse uma uniformidade de florescimento das plantas, de forma mais precoce e ainda permitiu alongar o ciclo da cultura (Gioppo et al., 2011).

A propagação por meio de regeneração *in vitro* é uma oportunidade para produção de plantas geneticamente idênticas de forma rápida. Na cultura dos brócolis ainda se tem muitos registros a respeito da regeneração *in vitro*, porém estudos apontam o sucesso do desenvolvimento de plântulas a partir de seguimentos de hipocótilo, seguimentos radiculares, discos foliares primários, cotilédones e anteras tratados com reguladores vegetais. Ravanfar et al. (2009), avaliaram a regeneração *in vitro* de brócolis cultivar Green Marvel, na Malásia, em meio de crescimento contendo sais basais de Murashige e Skoog (MS) e concentrações de 6-benzilaminopurina (BAP) e ácido naftalenacético (NAA). As concentrações de 3 e 5 mg L⁻¹ de BAP apresentaram maior porcentagem de produção de brotações por explante de hipocótilo e de ponta de broto, respectivamente.

Para o enraizamento destes brotos foram utilizados ácido indolbutírico (IBA) e ácido indolilacético (IAA). As plântulas foram aclimatizadas em vasos e mantidas em condições ótimas para crescimento em estufa. A taxa de sobrevivência de plantas regeneradas foi de 90-95%.

Lancaster (2010), avaliou a aplicação de ácido giberélico e ethephon na promoção da iniciação floral de brócolis, visando uniformizar a produção e a colheita, reduzindo os custos de produção. A aplicação dos biorreguladores não diferenciou do tratamento sem aplicação, quanto ao rendimento.

15. Senescência e aproveitamento de resíduos

Após a colheita o suprimento de água para a planta é interrompido e a transpiração é mantida. Alguns sintomas surgem horas após o corte, como o murchamento e enrugamento das folhas, dependendo das condições de temperatura e umidade do ar. Outros processos, como a elevação da síntese do etileno e a degradação da clorofila, estimulam deterioração dos produtos.

Diferente do que se verificam com os cereais, as hortaliças possuem poucos dias após a colheita com viabilidade de comercialização e consumo, principalmente devido possuírem alto percentual de umidade, o que confere a elas alta perecibilidade.

A senescência é a última fase no desenvolvimento vegetal e ocorre em resposta a alguns fatores. O hormônio regulador da senescência é o etileno, e a citocinina é responsável por retardar este processo. Assim como todos os outros processos no ciclo de vida das plantas, a senescência ocorre em resposta ao desequilíbrio dos hormônios vegetais. Quando ocorre a diminuição da síntese de citocinina, após a colheita dos brócolis, e o aumento na síntese do etileno, a senescência é acelerada.

Uma técnica vem sendo utilizada visando à diminuição ou o retardamento das perdas pós-colheita. Trata-se do processamento mínimo de frutas de hortaliças, que consiste em armazenar estas frutas ou vegetais picados e/ou congelados visando aumentar a vida de prateleira, porém as lesões que são provocadas durante o processamento promovem a síntese de etileno, descompartmentalização celular e favorecem a colonização dos tecidos vegetais por microrganismos deterioradores e patógenos.

A vida de prateleira dos brócolis é de dois dias em temperatura ambiente. Após este período ocorre o amarelecimento, a perda de turgescência e o aumento da atividade da peroxidase. Devido à elevada produção de etileno e taxa respiratória, a senescência dos brócolis é acelerada. Por se tratar do órgão de interesse econômico, o amarelecimento da inflorescência prejudica a aparência e reduz significativamente o valor comercial.

Em um estudo sobre a senescência dos brócolis do cultivar Piracicaba Precoce, o autor avalia este processo em inflorescências armazenadas em condições de temperatura de 25°C e 96% de umidade relativa do ar. Observou que em 72 horas o produto já estava completamente amarelado, nesta situação a inflorescência já havia degradado 70% de sua clorofila, nas primeiras 24 horas de prateleira, a taxa respiratória já caiu para a metade, e a atividade peroxidativa subiu subitamente, 6 horas após a colheita. Os carboidratos foram intensamente consumidos devido à alta taxa respiratória da inflorescência (Finger et al., 1999).

O consumo de brócolis está relacionado à prevenção de doenças, principalmente o câncer. Atualmente a busca por alimentos saudáveis vem sendo foco da maioria dos consumidores. Outra forma de consumo de brócolis são os brotos, que segundo alguns estudos, apresentam maior concentração de glucosinolatos, que é um precursor de sulforafano (composto anticancerígeno).

Referências

CARR, S.M.; IRISH, V.F. Floral homeotic gene expression defines developmental arrest stages in *Brassica oleracea* L. vars. *botrytis* and *italica*. **Planta**, Berlin, v. 201, n. 2, p. 179-188, 1997.

COPATTI, A.S. Reguladores vegetais na pré e pós-colheita de brócolis. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, EXTENSÃO E PESQUISA, 4., 2012, Bagé. **Compartilhe saberes, vivencie experiências e almeje sustentabilidade: anais...** Bagé: UNIPAMPA, 2012.

FINGER, F.L. et al. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1565-1569, 1999.

GEISENHOFF, L.O. et al. Produtividade dos brócolis de cabeça sob diferentes sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 35, n. 5, p.863-874, set./out. 22015.

GHERBIN, P.; MICCOLIS, V.; CANDIDO, V. Root length density and yield traits of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) as affected by different techniques of seedling growing and transplanting. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BRASSICAS, 6.; RUCIFER GENETICS WORKSHOP, 18., 2012. **Annals...** p. 427-434.

GIOPPO, M. **Pós-colheita de brócolis, repolho roxo e alface sob diferentes ambientes e reguladores**. 2011. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011.

MELO, R.A.C. **A cultura do brócolis**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2015. 153 p. (Coleção Plantar, 74).

MELO, R.A.C.; MADEIRA, N.R.; PEIXOTO, J.R. Cultivo de brócolis de inflorescência única no verão em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 23-28, 2010.

RAVANFAR, S.A. et al. Plant regeneration of *Brassica oleracea* subsp. *italica* (Broccoli) cv. Green Marvel as affected by plant growth regulators. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 8, p. 2523-2528, 2009.

SHELP, B.J. Boron mobility and nutrition in Broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). **Annals of Botany**, Oxford, v. 61, p. 83-91, 1988.

COUVE



COUVE (*Brassica oleraceae* var. *acephala*)

Hellen Cristina da Silva
Nielsen Moreira Oliveira

1. Introdução

Atualmente, a crescente preocupação da população em aderir a um estilo de vida relacionado principalmente com a alimentação saudável, fez com que o mercado de alimentos vegetais ricos em nutrientes se movimentasse com crescente demanda, principalmente porque tais alimentos influenciam diretamente ao bem estar humano impactando diretamente na saúde das pessoas.

As espécies de couves são cientificamente denominadas *Brassica oleraceae*, sendo morfológicamente heterogêneas, pertencem à família Brassicaceae e ao grupo de variedades que não formam cabeça - *acephala*. As couves são hortaliças arbustivas anuais ou bienais, consideradas alimento funcional que, quando consumidas, são capazes de prevenir e até mesmo curar doenças, além disso, podem gerar potencial significativo de comercialização do produto na empresa agrícola e industrial (Samec et al., 2018).

O órgão comercializado é geralmente a folha, sendo consumidas em saladas, ou como como suco, cozida com diversos pratos de sopa, omeletes e salteados. Devido à demanda do consumidor, couve também está sendo comercializada em formato de *chips* tornando-se muito popular esse tipo de processamento da folha.

A couve é popular principalmente entre agricultores familiares, é cultivada a séculos inicialmente na região do Mediterrâneo da Europa, e se espalhou para outras regiões do mundo, devido à boa tolerância às variações de temperatura e umidade.

Os principais nutrientes de vegetais do gênero *Brassica* vinculados aos benefícios à saúde são vitaminas C, B, A, E, K, ácidos fólicos, niacina, tiamina, riboflavina; minerais como, cálcio, ferro, magnésio, fósforo, potássio, sódio e zinco (Murilo; Mehta, 2001; Rigueira et al., 2016; Abellán et al., 2019). Esses nutrientes são capazes de reduzir riscos de câncer, doenças cardíacas, diabetes, além de serem altamente antioxidantes, atuando, portanto, como fator antienvhecimento (Jeon et al., 2018).

No Brasil, a principal variedade de couve é a manteiga, caracterizada por ser de cor escura até colorações mais claras e de textura macia. A couve manteiga é uma das folhosas mais consumidas no Brasil, com área de produção no Estado de São Paulo de mais de 3 mil hectares.

Esta revisão abordará aspectos morfológicos e ecofisiológicos relacionados com os cultivares de *Brassica oleraceae*, que abrangem uma série de couves que não formam cabeça e o produto comercial são as folhas e será enfatizada a variedade *Brassica oleraceae* var. *acephala*.

2. Origem e distribuição geográfica

A espécie *Brassica oleracea* inclui vários cultivares férteis e com morfotipos amplamente diversificadas, como por exemplo, a couve-flor, couve-brócolos, couve comum, couve-rábano, repolho, entre outros. Evidências comprovam que a origem da espécie silvestre *Brassica oleraceae* é a região do Mediterrâneo Oriental e ao longo da Costa Atlântica no continente Europeu (Christensen et al., 2011). Com o passar do tempo o seu cultivo foi se espalhando pela Europa e posteriormente para outras partes do mundo (Balkaya et al., 2005).

Samec et al. (2018), relatam que o surgimento de novas variedades por meio da polinização cruzada entre espécies de alta variação promoveu a variabilidade da *Brassica oleraceae* L., sendo essa espécie adaptada às condições locais de seleção.

3. Classificação botânica

A família Brassicaceae possui aproximadamente 338 gêneros e mais de 3.700 espécies, sendo que dentro do gênero *Brassica* há cerca de 39 espécies (Warwick et al., 2006). O grupo das couves inclui variedades, tais como: *B. oleracea* L. var. *acephala* DC. *B. oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef. var. *sabellica* L., *B. oleracea* L. var. *viridis* L., *B. oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef. var. *palmifolia* L., *B. oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef. var. *medullosa* L. A variação entre as couves são características das folhas como bordas e/ou limbo lisas ou crespas, coloração verde escura ou clara, acinzentada e azulada (Samec et al., 2018).

No levantamento de gêneros e espécies pode haver controvérsias entre autores devido à grande diversidade taxonômica, além disso, os recursos moleculares atuais são capazes de distinguir características mínimas que segregam espécies que antes pertenciam ao mesmo grupo. Na Tabela 1 é apresentada a classificação botânica da espécie *Brassica oleraceae* var. *acephala*.

Tabela 1. Classificação botânica de couve-manteiga (*Brassica oleraceae* var. *acephala*) segundo Engler e Cronquist.

Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Brassicales
Família	Brassicaceae
Gênero	<i>Brassica</i>
Espécie	<i>Brassica oleraceae</i>
Variedade	<i>Brassica oleraceae</i> var. <i>acephala</i>

4. Morfologia e anatomia

A couve de folha comum apresenta caule ereto, com folhas que possuem limbo bem desenvolvido, arredondado, com pecíolo longo e nervuras bem destacadas, distribuídas ao longo do caule em formato de roseta, com numerosos rebentos laterais em algumas variedades, que são utilizados na propagação (Filgueira, 2013).

Algumas variedades de menor expressão no Brasil, a couve-escocesa (*B. oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef. var. *sabellica* L.) possui folhas verde-acinzentadas e parcialmente enroladas. Já a couve de palmeira (*B. oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef. var. *palmifolia* L.) possui folhas verde-azuladas, alongadas e escuras (Samek et al., 2018).

De maneira geral, hortaliças folhosas devem possuir aspectos de aparência como tamanho, forma, brilho e principalmente cor de folha, que necessariamente chamam atenção, por ser um dos principais atributos de qualidade observado pelo consumidor. O aspecto cor das folhas é de fundamental importância, pois o consumidor toma a decisão de comprar, ou não, apenas pela aparência do produto, associando a este um indicador de frescor sem considerar a textura, o valor nutricional e o sabor.

A coloração verde das folhas da couve deve-se à presença de clorofila e sua intensidade está diretamente relacionada com a concentração do pigmento, ou seja, na grande maioria das variedades de couve, a concentração desse pigmento é alta.

O cultivar de couve-comum do grupo denominado Manteiga é a de maior aceitação comercial, dado que possui folhas com limbos verde-claros intenso, tenras, lisas ou pouco onduladas, com pecíolos e nervuras verdes bem claras e de rápida cocção.

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) possui um banco de germoplasmas amplo com 11 genótipos de couve manteiga de grande diversidade morfológica. Abaixo, segue a Tabela 2 com características morfológicas desses genótipos.

Tabela 2. Características morfológicas de genótipos de couve comum do Banco de germoplasma do IAC (Adaptado de Trani et al., 2015).

Genótipo	Comp. (cm)	Largura (cm)	Massa fresca de folhas (g planta ⁻¹)	Área foliar cm ² folha ⁻¹	Obs.
A	25,38	20,96	28,86	355,90	Margem irregularmente sinuada, denticulada
B	23,86	20,02	23,97	314,44	Margem irregularmente sinuada, denticulada
D	16,54	14,54	11,43	159,12	Margem levemente denticulada, sinuada
F	15,24	13,54	7,78	147,50	Pecíolo curto
J	15,84	13,08	10,74	147,70	Base auriculada assimétrica
H	20,72	16,94	18,25	232,37	Pecíolo de cor verde
O	29,34	24,36	44,18	467,12	Nervuras arroxeadas
MEN	32,26	32,42	61,92	899,22	Limbo arredondado com borda lisa
L	23,92	22,84	30,03	433,07	Coloração verde-clara
M	21,64	18,24	26,14	278,71	Limbo bulado com bordos sinuosos
N	22,10	18,56	24,66	261,94	Ápice assimétrico

O pecíolo é comumente chamado de talo e pode variar quanto à espessura, coloração e tamanho. O pecíolo dos genótipos A, B, D, F, H se apresentam fino, de coloração verde e curto. Alguns pecíolos podem ser de coloração branco esverdeado, o genótipo O, se apresenta com coloração arroxeadas e de espessura relativamente grossa. O pecíolo do genótipo J é levemente arroxeadas na inserção com o caule e com formação de cavidade, bem como o pecíolo do grupo dos genótipos L, M, N e MEN.

Com relação às nervuras, podem ser de coloração branco esverdeadas ou arroxeadas, a depender do genótipo ou cultivar. As margens também sofrem alterações quanto à forma que podem predominar entre sinuadas e denticuladas ou mesmo lisas (Trani, 2015).

5. Germinação e propagação

A couve pode ser propagada sexuadamente e assexuadamente, a depender do cultivar. Nas axilas foliares, são produzidos rebentos laterais que são destacados em períodos de propagação vegetativa para formação de mudas, que geralmente são em épocas mais quentes do ano. Recomenda-se enraizar os brotos em saquinhos de plástico logo após a retirada do excesso de folhas. As mudas estarão aptas para ir para canteiros definitivos a partir do momento em que estiverem com 4-5 pares de folhas e com 15 cm de altura. Na fase de enraizamento das mudas, é necessário irrigar várias vezes ao dia para haver uma vigorosa produção das mudas. Vale ressaltar que, a propagação vegetativa não ocorre em materiais híbridos comercializados por empresas (Filgueira, 2013). Os materiais de couve propagados via sexuada não possuem características desejáveis ao consumidor, pois são de tamanho reduzido, de coloração verde clara e pouco tenras. A comparação visual entre as folhas de um cultivar propagado por sementes de um cultivar de propagação vegetativa é apresentada na Figura 1.

Com relação ao desenvolvimento de sementes, Demir e Balkaya (2005), descreveram o desenvolvimento da semente, desde a fertilização até a dessecação da semente com base em características morfológicas e coloração do embrião (Tabela 3).

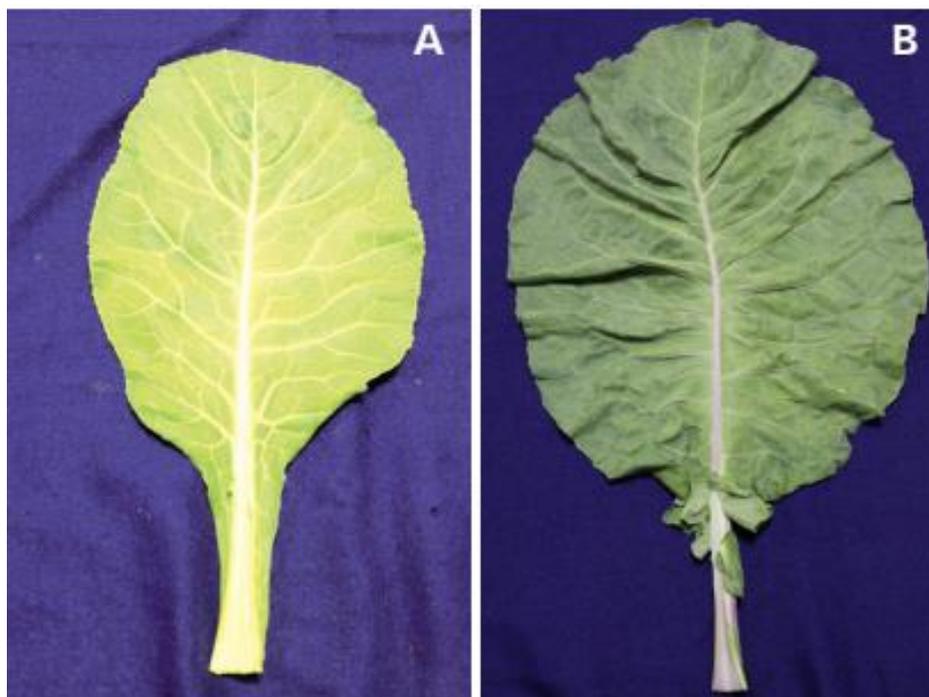


Figura 1. Cultivar híbrida propagada por sementes (A) e cultivar tipo manteiga de propagação vegetativa (B), (Adaptado de Trani et al., 2015).

Tabela 3. Descrição do desenvolvimento da semente de couve, baseado em características morfológicas (Adaptado de Demir e Balkaya, 2005).

Fase de desenvolvimento da semente	DAP	Descrição
I – Pré-embrião	1-10	<ul style="list-style-type: none"> • Saco embrionário com coloração amarelo claro; de formato ovalado e textura gelatinosa;
II – Pré cotiledonar	11-21	<ul style="list-style-type: none"> • Endosperma em desenvolvimento; • Embrião globular/coração;
III – Cotiledonar	22-24	<ul style="list-style-type: none"> • Formato aproximadamente circular • Embrião com extremidades verdes e opacos, desenvolvimento de cotilédones;
IV – Crescimento do embrião	25-35	<ul style="list-style-type: none"> • Sementes mais rígidas; • Expansão embrião; • Formato redondo; • Coloração verde do embrião;
V – Início da Maturação	36-43	<ul style="list-style-type: none"> • Tegumento marrom e firme; • Embrião perde flexibilidade;
VI - Maturação	44-49	<ul style="list-style-type: none"> • Tegumento vermelho escuro e rígido; • Embrião amarelo escuro
VII - Dessecação	50-68	<ul style="list-style-type: none"> • Funículo dessecado na inserção do fruto; • Sílqua amarelo escuro; • Semente marrom escura; • Hilo marrom e preto; • Embrião laranja-amarelado;

6. Desenvolvimento das raízes

As couves apresentam raiz pivotante com ramificações finas e curtas (Segovia et al., 2000). Dentro do grupo das brássicas, o sistema radicular efetivo das plantas pode alcançar de 25 a 40 cm de profundidade, dependendo da espécie e do solo (Maroueli et al., 2017).

7. Desenvolvimento das folhas

As folhas que se desenvolvem na planta apresentam arquitetura predominantemente horizontal, adquirindo um hábito em roseta em torno do caule. Novas folhas são formadas numa taxa de 0,1 a 0,5 por dia, ou cerca de 3 folhas por cada 100°C ($T = 0^{\circ}\text{C}$). Durante a formação das folhas existe uma fase de juvenilidade, após a qual a planta se torna sensível à vernalização, isto é, indução floral por exposição à baixas temperaturas (Almeida, 2006).

Durante o desenvolvimento vegetativo novas folhas são formadas no ápice das hastes e os brotos são formados a partir das gemas axilares. Até a formação dos brotos as folhas são formadas de forma acelerada e abundante. Durante a fase vegetativa há o acúmulo de biomassa na haste, tornando-a um órgão de reserva nutricional. A formação de gemas axilares e alteração da morfologia no ponto de crescimento da gema apical resultam em um intenso aumento de biomassa. Este acúmulo torna-se constante após a fase juvenil da planta (Fayad et al., 2016).

Nas couves-de-bruxelas o desenvolvimento vegetal é favorecido por temperaturas amenas entre 17 e 21°C durante os 3 a 4 meses de formação das folhas. Após este período, temperaturas de 12°C por 2 meses favorecem o desenvolvimento das gemas axilares. Com a formação de um determinado número de folhas, as gemas axilares desenvolvem-se em pequenos repolhos. Depois do período de juvenilidade, a vernalização, promove a diferenciação floral e a planta desenvolve a haste que suporta as flores.

8. Efeitos de fatores ecológicos

A couve é uma cultura característica de outono-inverno que tem bom desempenho sob frio intenso e resistência às geadas (Trani et al., 2015). A floração nas couves é induzida por baixas temperaturas, que também são responsáveis pelo acúmulo de antocianina na planta. Quando estão em condições de altas temperaturas, elas permanecem na fase vegetativa. Em couve-de-bruxelas a formação de gemas compactas é favorecida por um período de baixas temperaturas, em contrapartida, temperaturas elevadas durante a produção causam a abertura das folhas das gemas, que perdem qualidade.

As folhas de couves têm alta taxa de transpiração e as plantas demandam por alta disponibilidade hídrica, no entanto são sensíveis tanto à escassez como ao excesso de água. A falta de água na cultura causa murchamento que junto à insolação podem gerar queimaduras em folhas e brotos ocasionando a morte da planta. Devido a maior parte de suas raízes concentrarem-se em regiões de reduzida profundidade no solo a couve – manteiga é pouco eficaz no aproveitamento de água disponível no solo. Em regiões de ventos, as exigências hídricas são ainda maiores. A seguir, são apresentadas informações importantes para a condução de irrigação da cultura (Tabela 4).

Tabela 4. Informações para avaliação das necessidades de água e condução de irrigação da cultura de couve – manteiga (Adaptado de Almeida, 2006).

Coefficientes culturais médios (k_c)	
$K_{c\ ini}$	0,70
$K_{c\ mid}$	1,05
$K_{c\ end}$	0,95
Duração do período de desenvolvimento (L)	
L_{ini} (dias)	20-30
L_{dev} (dias)	30-35
L_{mid} (dias)	20-90
L_{late} (dias)	10-40
Total (dias)	80-195
Altura máxima das plantas (m)	1,5
Profundidade radicular máxima das plantas (m)	0,4-0,6
Classificação da profundidade do sistema radicular	Superficial
Fração p (coeficiente facilmente utilizável)	0,40
Valor mínimo da leitura do tensiômetro (cbar)	-34
Valor mínimo da capacidade utilizável (%)	60
Tolerância ao déficit hídrico	Mediana

As brassicas são plantas de fotoperíodo neutro, ou seja, tanto dias curtos quanto dias longos não as afetam. Ao comparar produção de biomassa e acúmulo de pigmentos no cultivo de couve-manteiga em diferentes fotoperíodos, Lefsrud et al. (2006), verificaram que a produção de biomassa se mantinha crescente à medida que havia aumento de horas de luz, chegando à um valor máximo de produção com fotoperíodo de 24 horas. Quanto ao acúmulo de clorofila, o maior valor foi obtido com 12 horas de luz.

A interceptação da radiação solar pela couve-de-bruxelas pode chegar à 90%, isto ocorre porque suas folhas podem alcançar IAF (Índice de Área Foliar) de 3,5 a 3,8. O desenvolvimento do IAF é influenciado pela densidade de plantio e temperaturas. Folhas menores são formadas a partir densidades elevadas, e em condições de altas temperaturas as folhas de couves chegam à IAF de 3,5 rapidamente. Até o florescimento o IAF pode chegar de 5 a 6, após este momento reduz-se para valores de 1 a 2,5.

9. Relações hídricas

O estresse hídrico pode ser observado a partir de distorções no limbo foliar causado principalmente pela mudança no padrão geométrico de células da couve em função da redução do volume de ar intercelular, portanto, os sinais de perda de pressão de turgescência se manifestam visualmente como murcha (Calbo; Ferreira, 2011). Em outras espécies, o volume intercelular permanece constante, se manifestando por meio da redução do volume total de órgãos e não pela murcha.

As brássicas não toleram excesso e restrição de umidade no solo, com necessidade total de água entre 300-650 mm. O excesso de água leva ao maior gasto de energia para bombeamento de água além do mais, o excesso de água compromete a aeração do solo e conseqüentemente a respiração das raízes. O déficit hídrico na cultura pode causar o murchamento que compromete a produtividade, pois retarda o crescimento e prejudica a qualidade das folhas, além disso, a falta de água pode tornar a planta suscetível ao ataque de pulgões (Marouelli et al., 2017).

10. Solos e nutrição

Antes mesmo de fornecer nutrientes via adubação é necessário que por meio da correção do solo ocorra uma disponibilização de nutrientes já existentes no solo. Para isso, o pH ótimo do solo cultivado deve oscilar entre 5,5 e 6,8 para as principais variedades botânicas de brássicas. Recomenda-se evitar áreas sujeitas ao encharcamento, pois predispõe a planta ao ataque de bactérias e fungos do solo. O uso de canteiros altos com cerca de 20 a 30 cm de

altura pode sanar o risco de encharcamentos em solos mais argilosos. As couves podem ser mais bem conduzidas em solos mais argilosos, ricos em matéria orgânica e com boa capacidade de retenção de água e ar, embora não tolerem encharcamento (Samec et al., 2018). Em solos alcalinos, as plantas podem apresentar carência de boro, que pode causar o distúrbio do talo oco, prejudicando a distribuição de água na folha. Por outro lado, solos ácidos podem levar à diminuição do limbo das folhas em decorrência da falta de molibdênio (Melo et al., 2016).

11. Fotossíntese e translocação

A incidência da luz na superfície das folhas é um fator crucial para que ocorra uma série de reações químicas capazes de produzir compostos e manter um metabolismo em funcionamento integral levando fotoassimilados por toda superfície da planta. Como uma planta típica com metabolismo C3, a couve tem maior atividade estomática em situações de maior concentração de CO₂ na câmara subestomática, levando ao aumento da fotossíntese.

Para o início do processo da fotossíntese, é importante que a incidência de luz direta ocorra de forma balanceada nas bandas do vermelho e azul do espectro eletromagnético, caso contrário, o desenvolvimento do vegetal pode ser comprometido devido aos fatores de redução de estômatos, conteúdo de clorofila inativa, queda na atividade da enzima rubisco, e como consequência redução da fotossíntese. As folhas de couve são ricas em clorofilas e consequentemente em carotenoides, pois são pigmentos que absorvem a luz protegendo a clorofila de danos oxidativos líquida (Taiz; Zeiger, 2013).

O uso de luzes de LED com comprimentos de ondas na região vermelha do espectro de luz (>700 nm) aplicada durante o desenvolvimento das mudas de couve russa vermelha (*Brassica napus* L. subsp. *napus* var *pabularia*) se mostrou eficiente no aumento de glucosinolatos e compostos fenólicos (Carvalho; Folta, 2014). Os autores observaram que a aplicação de comprimentos de onda de luz 470, 660 e 730 nm, modifica as rotas moleculares alterando, portanto, a concentração de fitoquímicos (Figura 2).

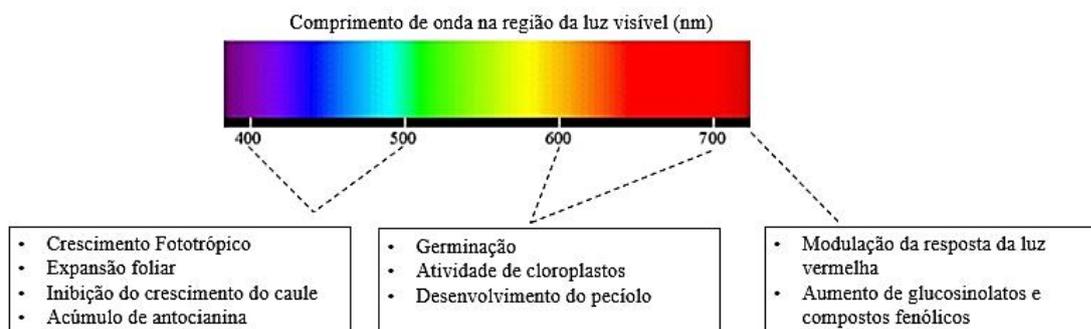


Figura 2. Influência do espectro de luz no desenvolvimento de *Brassica napus* (Adaptado de Carvalho e Folta, 2014).

O estágio de maturação da planta pode alterar o valor nutricional das folhas como observado por Acikgoz (2011). À medida que as folhas avançam o desenvolvimento, a concentração de ácido ascórbico e vitamina C também aumentam (Tabela 5). Lee e Kader (2000) atribuem esse fato à baixa capacidade fotossintética das folhas mais jovens em relação às mais desenvolvidas, afetando a rota metabólica da vitamina C. Para proteínas, o resultado foi inverso, ou seja, quanto mais jovem a folha, maior a quantidade de proteínas. As proteínas por serem formadas de compostos nitrogenados, são translocadas com eficiência para as folhas mais jovens, por isso que em estádios iniciais a sua contração é maior em relação às folhas mais desenvolvidas (Tabela 5).

Tabela 5. Matéria fresca, matéria seca, vitamina C e teor de proteínas em diferentes fases de colheita (Adaptado de Acikgoz, 2011).

Colheita	Matéria fresca (g)	Matéria seca (g)	Vitamina C (mg 100 ⁻¹ g)	Teor de proteína (%)
1ª colheita	254,18	46,02	98,30 b	35,00 a
2ª colheita	270,26	56,80	105,21 ab	30,62 b
3ª colheita	290,81	65,23	109,43 a	26,87 c

A produção de antocianina por alguns cultivares de couve é induzida fortemente pelas baixas temperaturas. Zhang et al. (2012), comprovaram que a produção de antocianina em couves expostas ao frio era de aproximadamente 50 vezes maior em relação às plantas protegidas do frio.

12. Florescimento e frutificação

No Brasil, como as condições são tropicais, dificilmente a couve floresce. Em casos específicos, a floração ocorre em temperaturas inferiores a 5 °C. O florescimento é do tipo inflorescência com flores pedunculadas, com cálice e corola dispostas em forma de cruz, o que justificava o nome antigo da família – Cruciferae. O fruto é seco deiscente do tipo siliqua.

13. Adaptações ao meio ambiente

As couves são típicas de outono-inverno e desenvolvem-se melhor em climas amenos, no entanto apresentam certa tolerância ao calor. Em alguns locais podem ser plantadas durante o ano todo, mas os meses de fevereiro a julho são mais apropriados para o plantio nas regiões sul, sudeste e centro-oeste. Na região norte o plantio de couve-manteiga é mais indicado nos meses de abril a julho e finalmente para a região nordeste, recomenda-se o plantio de couve nos meses de abril a agosto. A couve-manteiga pode permanecer produtiva por vários meses, porém é altamente exigente em água.

A necessidade total de água em brássicas varia de 300 mm à 650 mm, dependendo da espécie, das condições climáticas, do ciclo de cultivo e do sistema de irrigação (Marouelli et al., 2017). Quando cultivada no verão, a couve desenvolve-se bem em altitudes acima de 800 m. Para uma maior produção, temperaturas entre 16°C e 22°C são as mais favoráveis, sendo que 5 a 10°C são as temperaturas mínimas e 28°C é a temperatura máxima e é resistente ao frio até de - 8°C (Trani et al., 2015).

14. Estratégias para altas produções

A produção de folhas é o principal objetivo do cultivo de couves. Para altas produções visa-se o desenvolvimento de altos valores de IAF o quanto antes, a fim de que haja a interceptação do máximo de radiação solar e consequente formação de biomassa. Para tanto, a instalação da cultura deve ser feita com espaçamentos adequados evitando assim densidades de plantio muito elevadas. O espaçamento recomendado em plantios comerciais de couve é 50 a 70 cm entre plantas e 80 a 100 cm nas entrelinhas (Trani et al., 2015).

O consórcio entre culturas é uma prática agrícola sustentável recomendada. Para a couve, no entanto, deve ser feito com culturas pouco competitivas. Ao avaliar o desempenho fisiológico da couve-manteiga em monocultivo e em consórcio com o coentro, a salsa, a cebola galesa e o manjeriço, Hendges et al. (2017), verificaram que a fotossíntese líquida, a taxa de transpiração e a eficiência instantânea de carboxilação da couve em consórcio com o coentro é menor do que os demais cultivos. Segundo os autores, isto ocorreu porque o coentro

apresentou crescimento inicial maior do que a couve o que prejudicou diretamente a interceptação de radiação solar da couve. Resultados promissores foram relatados por Trani et al. (2015), que ao verificar a produção de couve e alface em cultivos consorciados, observaram boa produção de ambas culturas e retorno econômico maior em comparação ao cultivo solteiro de cada uma das espécies.

A cobertura morta (*mulching*) é uma prática agrônômica que oferece vantagens como controle de plantas invasoras e retenção da umidade do solo e pode ser aplicada no manejo da cultura. A rotação de culturas também pode ser realizada com a cultura da couve, recomenda-se realizar a rotação com outras espécies a fim de evitar a incidência de traça-das-crucíferas, praga que pode prejudicar consideravelmente a couve. No sistema de rotação de culturas com a couve pode-se aderir ao plantio de culturas como milho, alface, salsa, cebolinha, coentro, feijão-vagem, pepino, pimentão e tomate.

15. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais são substâncias sintéticas que, aplicadas de forma exógena, possuem ações similares aos grupos de hormônios vegetais conhecidos. Os hormônios vegetais por sua vez, são compostos orgânicos que em pequenas quantidades promovem, inibem ou modificam processos morfológicos e fisiológicos dos vegetais. Os grupos de hormônios vegetais conhecidos são as auxinas, citocininas, giberelinas, ácido abscísico, etileno, brassinoesteroides, ácido salicílico, jasmonatos e poliaminas (Vieira; Monteiro, 2002).

Abellán et al. (2019), relataram a importância do metil jasmonato (MeJA) e o ácido jasmônico (JA) como reguladores que apresentam influências importantes nas diversas vias celulares envolvidas no desenvolvimento de brotos de Brassicaceae nos estádios da semente, germinação, crescimento radicular, fertilidade e senescência, entre outros.

A ação de inibição de crescimento é desejada no cultivo de couve ornamental. Para a obtenção de plantas compactas e atrativas faz-se uso de reguladores vegetais. O uso de prohexadiona-Ca favoreceu o desenvolvimento compacto de couve ornamental e melhor aspecto visual. A prohexadiona-Ca age como inibidor da biossíntese da giberelina o que resultou na redução do crescimento da planta (Matsuzaki et al., 2010).

16. Senescência

Um dos eventos que ocasionam a senescência é a morte celular geneticamente programada, que leva ao declínio da capacidade fotossintética e uma baixa regulação da

expressão gênica associada a fotossíntese nas folhas. Na senescência há a redução da enzima rubisco, do conteúdo de clorofilas e elétrons, mobilização e exportação de nitrogênio e outros elementos, resultando na dessecação e abscisão da folha (Lefsrud et al., 2007).

As brássicas são colhidas bem antes da senescência. Durante a senescência as clorofilas e os carotenoides das folhas são reduzidos. As clorofilas são destruídas mais rapidamente do que os carotenoides, resultando em folhas com coloração laranja vibrante, vermelho e colorações alaranjadas.

17. Aproveitamento de resíduos

O aproveitamento de resíduos agroindustriais é uma excelente alternativa para minimizar os impactos ambientais e permite a obtenção de produtos nutritivos e benéficos à saúde. Durante o processamento mínimo de couve há o descarte de talos e restos de folhas. Estes resíduos possuem alto valor nutricional e podem ser aproveitados na fabricação de farinha (Carnelossi et al., 2008; Mauro et al., 2010).

Referências

ABELLÁN, A. et al. Sorting out the value of cruciferous sprouts as sources of bioactive compounds for nutrition and health. **Nutrients**, Basel, v. 11, n. 429, p. 1-22, 2019.

ACIKGOZ, F.E. Mineral, vitamin C and crude protein contents in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) at diferente harvesting stages. **African Journal of Biotechnology**, Cairo, v. 10, n. 75, p. 17170-17174, 2011.

ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Presença, 2006. 346 p.

BALKAYA, A. et al. Morphological characterisation of white head cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* subvar. *alba*) genotypes in Turkey. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Auckland, v. 33, n. 4, p. 333-341, 2005.

CALBO, A.G.; FERREIRA, M.D. Evaluation of hydration indexes in kale leaves. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2011.

CARNELOSSI, M.A.G. et al. Aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 26., Maringá, 2008. **Anais...** Maringá: Associação Brasileira de Horticultura, 2008. p. 5555-5558.

CARVALHO, S.D.; FOLTA, K.M. Sequential light programs shape kale (*Brassica napus*) sprout appearance and alter metabolic and nutrient content. **Horticulture Research**, Beijing, v. 1, n. 8, Mar. 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1038/hortres.2014.8>>.

CHRISTENSEN, S. et al. AFLP analysis of genetic diversity in leafy kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef.) landraces, cultivars and wild populations in Europe. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 58, n. 5, p. 657-666, 2011.

DEMIR, E.; BALKAYA, A. Seed development stages of kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* L.) genotypes in Turkey. **Horticultural Science**, Amsterdam, v. 32, n. 4, p. 147-153, 2005.

FAYAD, J.A.; COMIN, J.J.; BERTOL, I. **O cultivo de couve chinesa (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) no Amapá: o cultivo das brássicas: couve-flor, brócolis e repolho**. Florianópolis: EPAGRI, 2016.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

HENDGES, A.R.A.A. et al. Physiological performance and competitive ability in kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) 'Manteiga da Georgia', intercropped with important aromatic species and herbs. **Australian Journal of Crop Science**, Melbourne, v. 11, n. 9, p. 1181-1187, 2017.

JEON, J. et al. Transcriptome analysis and metabolic profiling of green and red kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) seedlings. **Food Chemistry**, Barking, v. 241, n. 1, p. 7-13, 2018.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LEFSRUD, M.; KOPSELL, A. Biomass production and pigment accumulation in kale grown under different radiation cycles in a controlled environment. **HortScience**, St. Joseph, v. 41, n. 6, p. 1412-1415, 2006.

LEFSRUD, M. et al. Changes in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 112, n. 2, p.136-141, 2007.

MAROUELLI, W.A.; MELO, R.A.C.; BRAGA, M.B. **Irrigação no cultivo de brássicas**. Brasília: EMBRAPA, 2017. 25 p. (Circular Técnica, 158).

MATSUZAKI, R.T.; CAMPAGNOL, R.; MELLO, S.C. Influência de reguladores vegetais na produção de couve ornamental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 50., 2010, Guarapari. **Anais...** Guarapari: Associação Brasileira de Horticultura, 2010. p. 349-356.

MAURO, A.K.; SILVA, V.L.M.; FREITAS, M.C.J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 719-728, 2010.

MELO, R.A.C.; MADEIRA, N.R.; LIMA, C.A.P. **Produção de brássicas em sistema de plantio direto**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2016. v. 1, n. 151

MURILLO, G.; MEHTA, R.G. Cruciferous vegetables and cancer prevention. **Nutrition and Cancer**, London, v. 41, p. 17–28, 2001.

RIGUEIRA, G.D.J. et al. Antioxidant activity and phenolic content in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) submitted to different cropping systems and preparation methods. **Semina. Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 37, n. 2, p. 3-12, 2016.

SAMEC, D.; URLIĆ, B.; SALOPEK-SONDI, B. Kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) as a superfood: Review of the scientific evidence behind the statement. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 20, p. 1-12, 2018.

SEGOVIA, J.F.O. et al. **O cultivo de couve chinesa (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) no Amapá**. Belém: EMBRAPA, 2000. 23 p. (Boletim Técnico, 9).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TRANI, P.E. et al. **Couve de folha: do plantio à pós-colheita**. Campinas: Instituto Agronômico, Campinas, 2015. 36 p. (Boletim Técnico, 214).

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C. e; SENA, J.O.A.; KLUGE, R.A. (Ed.). **Introdução à fisiologia do desenvolvimento vegetal**. Maringá: EDUEM, 2002. p. 79-104.

ZHANG, B.H.U.Z. et al. A putative functional MYB transcription factor induced by low temperature regulates anthocyanin biosynthesis in purple kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* f. *tricolor*). **Plant Cell Reports**, New York, v. 31, n. 2, p. 281–289, 2012.

MELANCIA



MELANCIA (*Citrullus lanatus*)

Antonio Fernandes Nogueira Júnior

Flávia de Moraes Franco

1. Origem e distribuição geográfica

A cultura da melancia é originária de áreas secas da África, onde se encontra grande diversidade de formas silvestres. Na África a melancia é cultivada há mais de 5000 anos e também já era conhecida pelos egípcios há mais de 2000 anos a.C. Foi introduzida no continente americano através dos escravos e colonizadores europeus e hoje é difundida pelo mundo inteiro sendo cultivada nas regiões tropicais e subtropicais. Os maiores produtores mundiais são a China, a Turquia e o Irã, correspondendo a 65% da produção mundial.

A média da produção brasileira de melancia foi de 1.929.952 t/ano, entre os anos de 2004 a 2010, em uma área média cultivada de 90.395 ha. A região Nordeste do Brasil corresponde a maior área plantada, com 35.201 ha, seguida da região Sul (25.981 ha) e Norte, com 15.827 ha (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010).

2. Classificação botânica

A melancia cultivada no Brasil (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*) é provavelmente originária da variedade *Citrullus lanatus* var. *citroides* proveniente da África Central. Essa espécie é cultivada e consumida em praticamente todo território nacional (Viana et al., 2011). A melancia é uma das principais hortaliças-frutos da família Cucurbitaceae (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação botânica da melancia (*Citrullus lanatus* Schard.).

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledonae	Magnoliopsida
Ordem	Cucurbitales	Violales
Família	Cucurbitaceae	Cucurbitaceae
Gênero	<i>Citrullus</i>	<i>Citrullus</i>
Espécie	<i>Citrullus lanatus</i>	<i>Citrullus lanatus</i>

Existe mais de 516 cultivares de melancia no mercado mundial. No Brasil o cultivar mais plantado é o Crimson Sweet e tipos semelhantes, respondendo praticamente por mais de 90% do fornecimento ao mercado consumidor. Esse cultivar apresenta cor da casca verde-claro com listras escuras e largas, cor da polpa vermelha, formato do fruto elíptico e massa média do fruto de 11 kg (Dias et al., 2010).

Outras variedades vêm surgindo recentemente, como as do tipo mini-melancias. Esses cultivares são híbridos de alta precocidade e permitem maior adensamento de plantio. A principal característica desses cultivares é o fato de que podem ser consumidos de uma só vez, não necessitando de armazenamento, o que evita a perda de suas características organolépticas. Os frutos pesam em média 1,5 kg (Guimarães, 2013).

Outro grupo de cultivares que foi introduzido no início da década de 1990 é o das melancias sem sementes. Esses cultivares são híbridos autoestéreis, que produzem melancias globulares, verde-escuras ou rajadas, com polpa vermelho-vivo e sem sementes. As plantas são vigorosas e apresentam resistência a um maior número de pragas e doenças (Guimarães, 2013).

3. Morfologia e anatomia

A melancieira possui crescimento rasteiro, caules de consistência herbácea (não lignificado), rastejantes, angulosos e estriados. Essa planta possui estruturas em espiral, chamadas gavinhas, presas ao caule e que têm como função a fixação da planta. Suas ramas apresentam pelos finos, que não enraízam em contato com o solo. A planta de melancia apresenta sistema radicular extenso, pivotante, sendo a maior concentração de raízes localizada de forma superficial. As raízes predominam nos primeiros 60 cm de profundidade do solo (Viana et al., 2011).

As folhas da planta de melancia são grandes e possuem pecíolo. O limbo é do tipo penínérveo (com nervuras secundárias dispostas ao longo da nervura principal). A base do limbo é sagitada e sua borda possui ondulações, apresentando lobos mais ou menos arredondados e ápice cuspidado (terminado em ponta fina). A sua superfície abaxial apresenta pelos (Viana et al., 2011).

A flor da melancieira tem aproximadamente 3 cm de diâmetro. É uma flor solitária, simples e axilar. Possui corola (conjunto de brácteas) de coloração amarela e permanece aberta por um único dia (flor efêmera), depois disso, murcha e cai. Quanto ao sexo a melancieira possui flores hermafroditas, masculinas e femininas. A flor feminina apresenta ovário ínfero, de forma e coloração idêntica ao fruto, sendo essa uma característica da família Cucurbitaceae (Viana et al., 2011).

A melancia é um fruto simples, do tipo pepônio indeiscente (não se abre quando maduro). Seu peso varia de 1 a 3 kg (mini-melancias) e pode alcançar até 25 kg, dependendo do cultivar. Possui forma redonda, oval ou cilíndrica e pode atingir 60 cm de comprimento (Viana et al., 2011).

4. Germinação e propagação

A melancieira apresenta germinação epígea, onde o hipocótilo eleva os cotilédones acima do nível do solo. A semente passa pelo processo de embebição, amolece e entumece devido à hidratação, o que provoca a ruptura do tegumento (testa). A reativação metabólica e a reorganização subsequente promovem a multiplicação celular, elevando assim os cotilédones acima do solo. A gêmula (cone vegetativo apical) desenvolve-se formando as folhas permanentes e a radícula, que dará origem ao sistema radicular (Figura 1).

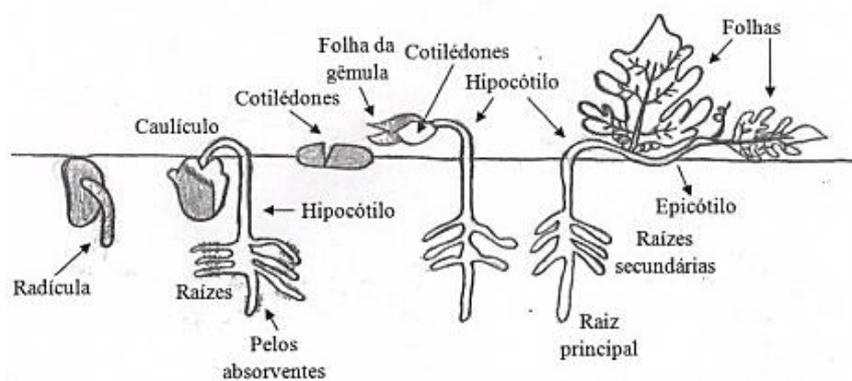


Figura 1. Germinação epigea de sementes de melancia (Adaptado de Viana et al., 2011).

A principal forma de propagação da melancia (cultivares de polinização aberta) no Brasil é através da sementeira direta no campo. Entretanto, o sistema de utilização de mudas tem grande importância no cultivo de melancia sem sementes ou quando se tem o interesse de utilizar mudas enxertadas, visando resistência a patógenos. A melancia pode ser enxertada em *Lagernaria siceraria*, *Benincasa hispida*, *Cucurbita pepo*, *C. moschata* ou em *Sicyos angulatus*. Esses porta-enxertos possuem resistência a *Fusarium*, e nematoides além de promoverem tolerância ao frio. A enxertia é realizada em viveiro (Dias et al., 2010).

A semente da melancia tem suas qualidades afetadas pelo período, temperatura e umidade de armazenamento. É necessária a utilização de sementes de qualidade fisiológica que proporcionem boa emergência, assim como o estabelecimento de plântulas vigorosas (Dias et al., 2010).

A água, o oxigênio, temperatura, luz e nutrientes são os principais fatores que afetam a germinação da semente da melancia. Com relação à água deve-se evitar estresse (tanto falta quanto excesso) na germinação da semente e na formação da muda. Em condições de excesso, a água ocupa todo espaço poroso do substrato e reduz as trocas gasosas entre raiz e ambiente e conseqüente deficiência de oxigênio. Na formação da muda o déficit de oxigênio reduzirá a própria absorção de água, causando murcha, afetando a membrana celular, as relações de água, a nutrição mineral, a produção e transporte de hormônios vegetais, a fotossíntese, a respiração e o transporte de carboidratos (Dias et al., 2010).

Todas as atividades fisiológicas durante a germinação da semente, o crescimento e o desenvolvimento das plantas são influenciadas pela temperatura, que controla a taxa das reações químicas. A cultura da melancia apresenta alta sensibilidade a baixas temperaturas, principalmente durante a germinação e a emergência. O desenvolvimento da cultura e a qualidade dos frutos de melancia são favorecidos por condições de clima ameno a quente, de

dias longos e de baixa umidade relativa do ar. Luz solar em excesso causa danos às plântulas após a emergência (Dias et al., 2010).

Dentre as cucurbitáceas a melancia é a que mais exige nutrição para a obtenção de frutos de sabor acentuadamente doce. Sendo assim, o estado nutricional ótimo da muda de melancia é fundamental para o seu crescimento, desenvolvimento e potencial de produção no campo após o transplântio (Dias et al., 2010).

5. Desenvolvimento das raízes

Essencial para a condução da cultura é o conhecimento do sistema radicular. Este, embora possa expandir-se bastante, é pouco profundo, não atingindo mais de 25 cm de profundidade. De maneira geral, o sistema radicular da melancia tem rápido crescimento e maior extensão lateral do que profundidade. A profundidade da raiz da melancia é influenciada pelo tipo de solo. Em solos profundos, sílico-argilosos, em que com frequência mantém pouca umidade nas camadas superficiais, as raízes podem atingir profundidade 1,2 m. Já nos solos argilosos, ou com camadas endurecidas no subsolo, as raízes crescem menos (Minami; Iamauti, 1993).

Isso condiciona o encaminhamento dos tratos culturais, principalmente no que se refere à escolha e preparo do solo. As raízes da melancia podem atingir um grande desenvolvimento, não sendo raro encontrar – no ciclo final da planta – raízes laterais com o mesmo comprimento das ramas. Tudo isso determina os cuidados para não prejudicar o futuro desenvolvimento do cultivo (Oliveira, 1989).

6. Desenvolvimento do caule

O caule da melancieira desenvolve-se em ramos primários e secundários, que podem assumir disposição radial (ramos de tamanho similar, partindo da base da planta) ou axial (um ramo mais longo com derivações opostas e alternadas a cada nó, semelhante a uma espinha de peixe), sendo esta mais comum. Os ramos primários são vigorosos e longos, podendo atingir mais de 10 m. No entanto, nas variedades modernas, o comprimento do ramo principal, geralmente, é menor que 4 m (Souza, 2008).

7. Desenvolvimento das folhas

Em plantas de frutos grandes, a área foliar total normalmente aumenta de forma exponencial até que a frutificação cria uma grande força de dreno e o crescimento vegetativo é suprimido. A curva da taxa de crescimento para uma folha sob luz contínua é geralmente

uma curva em S, porém esse padrão pode ser afetado por condições extremas, por exemplo, luz intensa. A taxa de crescimento foliar é linearmente dependente da temperatura ambiente durante períodos de temperaturas ótimas para o crescimento (20-30°C). Quando a temperatura está acima do ótimo, a taxa de crescimento foliar em plantas jovens declina e a divisão celular das folhas em desenvolvimento é reduzida (Robinson; Decker-Walters, 1997).

8. Efeitos de fatores ecológicos

As cucurbitáceas adaptam-se bem às zonas mais quentes e secas (semiáridas), com alta incidência de luz e temperaturas do ar entre 18 a 30°C, não tolerando temperaturas abaixo de 10 °C. A melhor época para o desenvolvimento da melancia é durante o período seco, pois nos períodos úmidos ela é mais suscetível a doenças (EMBRAPA, 2010).

Ainda segundo EMBRAPA (2010), há na literatura diferentes informações sobre a faixa de temperatura do ar ideal para cada fase da cultura da melancia. A faixa que favorece a época de germinação das sementes está entre 21,1°C e 35°C, sendo os limites de temperaturas mínimas do ar e do solo iguais a 15°C e 21,1°C, respectivamente. Assim, quando a temperatura do ar se situa em torno de 20°C, a germinação das sementes se completa em 15 dias, enquanto a 30°C, este processo ocorre, em média, em 5 dias apenas. As fases de desenvolvimento vegetativo e da floração são favorecidas por valores de temperatura do ar na faixa de 23°C e 28°C e 20°C a 21°C, respectivamente, e paralisadas em temperatura de 11°C a 13°C, ou inferiores. A temperatura do ar ideal para o seu desenvolvimento deve estar em torno de 25°C. O crescimento das plantas de melancia pode ser afetado quando as temperaturas médias do solo atingem valores iguais ou inferiores a 16,7°C. Outro fator que pode ser influenciado pela temperatura é a incidência de doenças. As temperaturas mais amenas favorecem a incidência de doenças como fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*), cancro das hastes (*Didymella bryoniae*), oídio (*Shaerotheca fuliginea*) e míldio (*Pseudoperonospera cubensis*).

A melancia atinge a maturação completa de 30 a 50 dias, dependendo, também, de outros fatores, como as condições de cultivo e do cultivar utilizado. Quando exposta a uma temperatura do ar elevada (acima de 35°C), a formação de flores masculinas é estimulada. A associação de altas temperaturas e ventos provoca elevada taxa de transpiração, aumentando a tensão interna dos frutos e ocasionando a ruptura da casca dos frutos nos pontos mais fracos.

Quando estão associados à temperatura do ar elevada, os altos níveis de radiação solar incidente e a baixa umidade relativa do ar proporcionam condições climáticas ideais para uma

boa produtividade da cultura e obtenção de frutos de ótima qualidade, pois aumentam o conteúdo de açúcares e melhoram o aroma, o sabor e a consistência dos frutos.

A umidade relativa do ar ótima para o cultivo da melancia, de maneira geral, situa-se entre 60% e 80%, sendo um fator determinante durante a floração, pois associada a temperaturas mais baixas, favorece uma melhor fertilização das flores e um maior número de flores femininas (EMBRAPA, 2010).

A luminosidade é fundamental, principalmente sob condições de temperatura do ar abaixo do ótimo, em que a elevada irradiância ou o prolongamento do período luminoso promove a formação de maior área foliar. Longos fotoperíodos favorecem o crescimento vegetativo e o florescimento da melancia. Dias longos e noites curtas, ambos quentes, caracterizam verão quente e seco, que são considerados ideais para a cultura. É por isso que a região Nordeste apresenta excelentes condições climáticas para o cultivo da melancia e a obtenção de frutos de boa qualidade. Quando sob condições de umidade alta e baixos índices de radiação solar incidente, os frutos apresentam-se sem sabor (EMBRAPA, 2010).

Ainda segundo EMBRAPA (2010), no manejo cultural da melancia, a predominância de ventos fortes dificulta a prática cultural do penteamento, que consiste na condução das ramas a favor das direções predominantes, como forma de evitar que parte da planta fique dentro dos sulcos de irrigação, ou na área de circulação de pessoas e máquinas.

9. Relações hídricas

O consumo de água pela melancia é diferenciado ao longo do seu ciclo de desenvolvimento (Figura 2). Durante o período de estabelecimento, o déficit hídrico retarda o desenvolvimento e produz uma planta menos vigorosa. Quando ocorre no início do período vegetativo, a planta produz menor área foliar, o que pode provocar redução na produtividade. Porém, os períodos mais sensíveis ao déficit hídrico são o de crescimento final, floração e formação dos frutos, quando a falta de água pode afetar a produtividade de maneira mais significativa. Entretanto, o suprimento reduzido de água durante o período de maturação pode melhorar a qualidade do fruto. Para o período total de crescimento as necessidades hídricas de uma cultura de 100 dias variam de 400 a 600 mm (Doorenbos; Kassam, 1994).

Uma medida utilizada para determinar o estado hídrico das células, tecidos e órgãos das plantas é o chamado potencial hídrico, uma medida de energia livre da água. No tecido vegetal, em condições isotérmicas, esse potencial pode ser determinado pelo somatório dos seus componentes, potencial pressão (pressão de turgescência) e potencial osmótico (contribuição dos solutos) (Marengo; Lopes, 2007).

Os fatores que são fortemente influenciados pelo potencial hídrico e seus componentes são o crescimento celular, fotossíntese e produtividade dos cultivos, assim os pesquisadores tem despendido considerável esforço no desenvolvimento de métodos acurados e confiáveis na avaliação do estado hídrico da planta (Taiz; Zeiger, 2004).

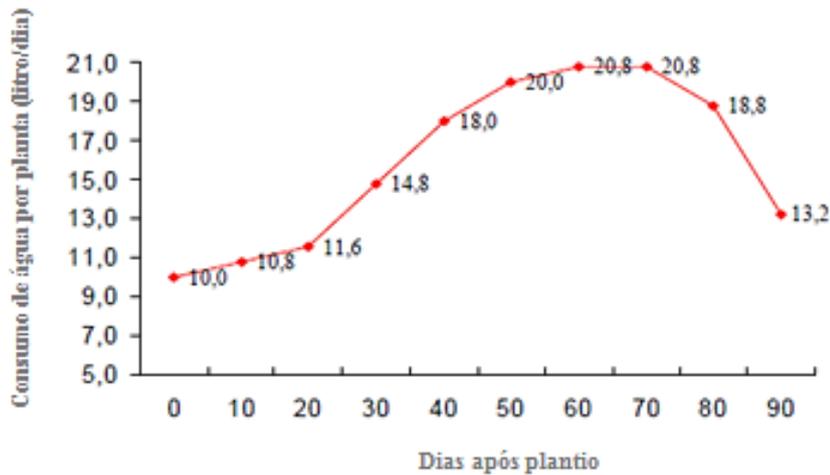


Figura 2. Necessidade de água para a cultura da melancia (Adaptado de Souza, 2008).

10. Solos e nutrição

A cultura da melancia adapta-se aos mais diversos tipos de solos, podendo ser de textura arenosa ou média. Devem ser evitados solos de textura argilosa devido aos problemas de contração e expansão, e a elevada densidade, tão comuns nesta classe de solos. Os solos de pouca profundidade, com altas concentrações de sais e outras substâncias tóxicas, também devem ser evitados (EMBRAPA, 2010).

Em termos de fertilidade química, solos que apresentam reação ácida podem levar ao aparecimento de distúrbios fisiológicos, como por exemplo, a podridão estilar, que decorre da deficiência de cátions alcalinos como o cálcio, principalmente, em cultivares de frutos mais alongados. Entretanto, esta deficiência pode ser corrigida com o uso de condicionadores do solo, como calcários calcíticos ou dolomíticos (EMBRAPA, 2010).

Para a cultura da melancia, os nutrientes devem ser fornecidos na época certa e em quantidades suficientes, caso contrário haverá prejuízo ao rendimento e à qualidade dos frutos (Gonsalves, 2009). No Brasil, o primeiro trabalho sobre a absorção de nutrientes na cultura da melancia foi publicado por Nascimento et al. (1991) e apresenta informações parciais, com avaliações realizadas até o início da fase de frutificação. Mais recentemente, Grangeiro e Cecílio Filho (2004) realizaram estudo mais completo com o híbrido de melancia Tide (com semente) onde se verificou que tal híbrido apresentou crescimento inicial lento,

intensificando-se a partir dos 30 dias após transplante (DAT), atingindo no final do ciclo um acúmulo de massa seca total de $1800 \text{ g planta}^{-1}$, sendo que a contribuição da parte vegetativa foi de 31% e dos frutos de 69%. O acúmulo de nutrientes também foi pequeno no início do ciclo, não ultrapassando 2% do total até os 30 DAT. Com a frutificação, houve forte incremento na quantidade de nutrientes acumulados, sendo observadas as maiores demandas para N, Ca e Mg no período de 45 a 60 DAT e para P, K e S de 60 aos 75 DAT. O acúmulo de nutrientes pela cultura aos 75 DAT foi da ordem de 139; 13; 155; 25; 17 e 9 kg ha^{-1} , respectivamente de N, P, K, Ca, Mg e S, sendo a parte vegetativa responsável por 30% e os frutos por 70%.

O nitrogênio, o fósforo, o potássio e o cálcio, constituem os nutrientes fundamentais para o aumento da produtividade. Muitos efeitos fisiológicos desses nutrientes foram estabelecidos há bastante tempo. A aplicação de nitrogênio, por exemplo, leva a um aumento de flores perfeitas e de fixação dos frutos. O fósforo possui uma interação positiva com nitrogênio e com o potássio, proporcionando aumento de sólidos totais da melancia.

O potássio, além da produtividade, relaciona-se à qualidade do fruto, onde a aplicação leva ao aumento na espessura da casca, bem como a maior resistência desta as rachaduras. Por fim, o cálcio é o nutriente mais importante para as cucurbitáceas, estando associadas à formação de flores perfeitas, qualidades de fruto, além da produtividade. Esse elemento estrutural localiza-se em concentrações elevadas na lamela média das paredes celulares (apoplasto) e na parte exterior das membranas plasmáticas, fortalecendo a estabilidade das paredes e das membranas.

Na ausência de concentrações suficientes de cálcio ou de água (principal meio de translocação deste íon) ocorre completa desestabilização das paredes e das membranas nos pontos de intenso crescimento (Guimarães, 2013). Um dos aspectos muito estudado em melancia é a relação entre a deficiência de cálcio e a podridão apical (também denominada fundo preto) que consiste no aparecimento de áreas escuras na base dos frutos, inutilizando-os para o comércio (Minami; Iamauti, 1993).

Outros fatores podem também causar a podridão apical, dentre eles: elevadas concentrações de nitrogênio, baixa frequência de irrigação e alta temperatura durante a fase de crescimento e desenvolvimento do fruto. Uma forma de contornar esse problema é a realização de calagem em área total (Guimarães, 2011).

11. Fotossíntese

Com relação ao metabolismo fotossintético a melancia é uma planta do grupo C3. As plantas C3 têm como primeiro produto da fixação de CO₂ um composto com 3 carbonos, abrangendo aquelas plantas que possuem somente a enzima rubisco, pertencente ao Ciclo de Calvin, como alternativa para a fixação do carbono. A reação de carboxilação da rubisco resulta na produção de duas moléculas idênticas, do mesmo composto de três carbonos (o ácido 3- fosfoglicérico).

Watanabe et al. (2001), estudaram o efeito da fotossíntese em plantas de melancia cultivadas no sistema de condução horizontal. As plantas mostram uma alta taxa fotossintética, apresentando valores médios de 25 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$, porém existem variações na taxa fotossintética das folhas com relação à sua posição. Esses autores também observaram que um índice de área foliar de 0,62 nas plantas conduzidas horizontalmente, e que as plantas de melancia são eficientes na captação de luminosidade. Os valores de condutância estomática são em média entre 0,2-0,3 $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ (Figura 3).

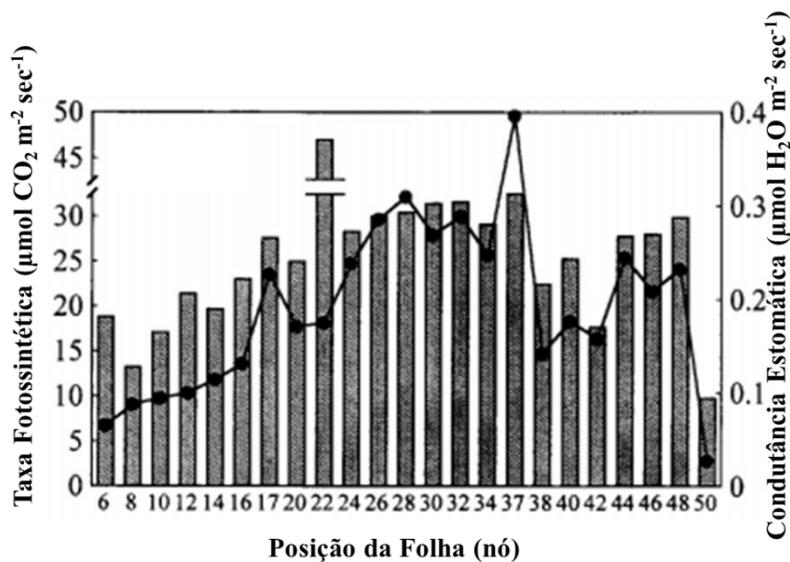


Figura 3. Taxa fotossintética (barras) e condutância estomática (curva pontilhada) em plantas de melancia cultivadas no sistema horizontal (Adaptado de Watanabe et al., 2001).

12. Florescimento e frutificação

As flores possuem um ovário, dentro do qual se acha a célula reprodutiva bastante desenvolvida e já com o formato do futuro fruto. Importante também é a característica do pólen produzido pelas plantas masculinas. Este se encontra nos estames em forma de uma massa pegajosa e compacta, que não se solta pela simples ação dos ventos, de forma que os insetos polinizadores, pousando na flor masculina e depois arrastando o pólen para as flores

femininas e fecundando-as, são essenciais para a produção de melancias. Este sistema particular de polinização da melancia é responsável pela existência de muitas fecundações cruzadas no campo. O inseto, depois de pousar numa flor masculina, leva consigo o pólen, pousando em diversas plantas femininas, sucessivamente (Oliveira, 1989).

As flores abrem-se após uma ou duas horas da saída do sol. Tanto as masculinas como as femininas abrem no mesmo dia. As anteras tem deiscência quando a corola se expande, mas o pólen permanece nas anteras em massa. O estigma é receptivo o dia todo, embora o movimento das abelhas seja maior no período da manhã. À tarde as flores fecham-se para não mais abrir, tenha ou não ocorrido à polinização (Minami; Iamauti, 1993).

Pelo menos 1000 grãos de pólen devem ser depositados sobre o estigma para que se desenvolva um fruto perfeito. O estilete da melancia não tem canal estilar, mas a maioria dos grãos de pólen germina em direção para baixo de seus pontos de depósito. Já foi documentado que 21% a 22% dos tubos polínicos mostram algum movimento lateral, mas se uma insuficiente quantidade de pólen é depositada sobre um lóbulo do estigma, forma-se um fruto assimétrico.

A relação entre a fixação de frutos e o comprimento do ovário já foi estudada. O que se observa é que ovários maiores tem melhor chance de frutificarem. Tanto as condições fisiológicas da planta como o número de frutos já produzidos, parecem determinar o número de flores pistiladas que surgirão mais tarde.

A melancia, tal como o pepino e o melão, fixa os frutos em ciclos mais ou menos curtos. Se há um fruto se desenvolvendo em um ramo, o crescimento terminal deste cessa em alguns dias e, conseqüentemente, há fixação dos frutos, reassumindo aproximadamente uma semana a 10 dias depois (Minami; Iamauti, 1993).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O zoneamento agrícola é necessário para identificação dos municípios aptos e os períodos de semeadura com menor risco climático para o cultivo das culturas nos estados brasileiros. O principal instrumento é o levantamento, que é utilizado pelo crédito e seguro rural, sendo utilizado para a seleção das áreas com maior aptidão para o cultivo de cada cultura e variedade, diminuindo os riscos devido a problemas climáticos (Brasil, 2013).

As regiões produtoras de melancia no Brasil guardam relação direta com a forma de cultivo: irrigado ou de sequeiro. Em 2006, destacaram-se com as mais elevadas produções os seguintes estados: Rio Grande do Sul, Bahia, Goiás, São Paulo, Tocantins, Rio Grande do Norte, Pernambuco e Pará, sendo as regiões Sul e Nordeste, responsáveis por 34,8% e 28,8%,

respectivamente, da produção nacional. O Nordeste brasileiro, historicamente, foi o maior produtor de melancia, mas a partir de 2001, a produção do Sul do Brasil obteve a dianteira (EMBRAPA, 2010).

14. Estratégias para altas produções

Considerando o sistema de irrigação, a melancieira pode ser irrigada por sulcos, aspersão ou gotejamento. Segundo Gonsalves (2009), a irrigação por gotejamento apresenta excelente potencial de uso na cultura da melancia, permitindo aumentar a produtividade da cultura e a eficiência de uso da água, quando comparado ao uso de outros métodos de irrigação. Miranda et al. (2005), afirmam que com o uso do gotejamento os produtores tem condições de controlar com maior precisão as aplicações de água e fertilizantes ao longo de todo o ciclo da cultura, em comparação com o uso de irrigação por aspersão ou por superfície.

Em melancia, a maior produtividade de frutos ($48,06 \text{ t ha}^{-1}$) foi obtida com 60 kg ha^{-1} de nitrogênio aplicado por fertirrigação sem que os teores de sólidos solúveis totais fossem significativamente diferentes dos teores obtidos nas demais doses testadas (Soares et al., 1998).

Os espaçamentos mais utilizados, no Brasil, nos plantios de melancia irrigados por aspersão, são de $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ para os cultivares de origem americana, e de $2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ para os cultivares de origem japonesa, deixando duas plantas por cova. Nos plantios irrigados por sulcos ou por gotejamento, recomendam-se espaçamentos que podem variar de $2,50 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} \times 0,70 \text{ m}$ a $1,00 \text{ m}$, deixando apenas uma planta por cova. No final da estação chuvosa os plantios requerem espaçamentos mais amplos, considerando que as plantas apresentam maior desenvolvimento vegetativo e encurtamento do ciclo (Gonsalves, 2009).

15. Efeitos de reguladores vegetais

Vários reguladores vegetais foram testados principalmente na germinação de sementes de melancia. Quando o ácido salicílico é utilizado na embebição das sementes do cultivar Crimson Sweet há uma maior velocidade de germinação das sementes. O ácido giberélico nas concentrações de 50 e $100 \mu\text{g g}^{-1}$ promove maior desenvolvimento da parte aérea das plântulas (Silva et al., 2014).

Aragão et al. (2006) também mostraram que o ácido giberélico e a escarificação, empregados separadamente e em associação, promovem maior crescimento de plântulas oriundas de sementes diploides e tetraploides e a maceração contribui para maior crescimento de plântulas tetraplóides.

Campos et al. (2009), mostraram que o ácido giberélico na dosagem de 30 ppm e aplicado cinco dias após a abertura do botão floral da melancia ‘Crimson Sweet’, mostrou-se eficiente na produtividade, propiciando um incremento produtivo na ordem de 21% e no aumento do ⁰ Brix da ordem de 11%, quando comparado com o controle.

Referências

- ARAGÃO, C.C. et al. Germinação e vigor de sementes de melancia com diferentes ploídias submetidas a tratamentos pré-germinativos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 82-86, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/noticias/2013/07/mapa-divulga-zoneamento-para-quatro-culturas-agricolas>>. Acesso em: 28 ago. 2014.
- CAMPOS, C.O. et al. Efeito do ácido giberélico (GA₃) no rendimento da melancia. **Anuário de Pesquisa**, Salvador, n. 1, p. 95-107, 2009.
- DIAS, R.C.S. et al. Produção de mudas. In: EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Sistema de produção de melancia**. 2010. (Sistemas de Produção, 6). 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.EMBRAPA.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/literatura.htm>> Acesso em: 01 out. 2014.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994.
- GONSALVES, M.V. **Doses de N e K aplicadas via fertirrigação e espaçamento entre plantas influenciando o desenvolvimento, a produtividade e as relações hídricas em melancieira com e sem sementes**. 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 93-97, 2004.
- GUIMARÃES, M.A. **Produção de melancia**. Viçosa: Ed. UFV, 2013. 144 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cginbin>>. Acesso em: 25 set. 2014.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 469 p.
- MINAMI, K.; IAMAUTI, M.T. **Cultura da melancia**. Piracicaba: SEBRAE, 1993. 101 p.

- MIRANDA, F.R.; MONTENEGRO, A.A.T.; OLIVEIRA, J.J.G. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 158-162, 2005.
- NASCIMENTO, V.M. et al. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pela melancia (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Masnf.) em um Latossolo da região do cerrado. **Científica**, Jaboticabal, v. 19, n. 2, p. 85-91, 1991.
- OLIVEIRA, E.M. **Melancia como plantar e colher**. São Paulo: Ícone, 1989. 72 p. (Coleção Brasil-Agrícola).
- ROBINSON, D.W.; DECKER-WALTERS, D.S. **Cucurbits**. New York: CAB International, 1997. 226 p. (Crop Production Science in Horticulture, 6).
- SILVA, T.C.F.S. et al. Germinação de sementes de melancia sob diferentes métodos de tratamento com reguladores vegetais. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 10, p. 1-15, 2014.
- SOARES, J.M. et al. Níveis de nitrogênio via água de irrigação e densidade de plantio na cultura da melancia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 38., 1998, Petrolina. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1, resumo 326, 1998.
- SOUZA, F.F. **Cultivo da melancia em Rondônia**. Rondônia: EMBRAPA, 2008. 110 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; NAGAI, H.; MELO, A.T. Melão e melancia, In: RAIJ, B. van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. (Boletim Técnico, 100).
- VIANA, C.S.; MOURA, N.T.; GUIMARÃES, M.A. Descrição e classificação botânica. In: GUIMARÃES, M.A. (Ed.). **Produção de melancia**. Viçosa: Ed. UFV, 2013.
- WATANABE, S.; NAKANO, Y.; OKANO, K. Comparison of light interception and field photosynthesis between vertically and horizontally trained watermelon [*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum. Et Nakai] Plants. **Journal of Japan Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 70, n. 6, p. 669-674, 2001.

MELOEIRO



MELOEIRO (*Cucumis melo*)

Cesia Ester Flores Herrera

Felipe Fadel Sartori

1. Origem e distribuição geográfica

Para se entender a fisiologia de uma cultura é de muita importância o conhecimento da sua origem, porque baseado nisso pode-se adaptar a cultura em uma região que apresente similaridade de ambientes ou ofereça as condições favoráveis para o desenvolvimento.

Nesse sentido, na pesquisa realizada por Mallick e Massui (1986) para determinar a origem dos melões, foi efetuada uma reflexão, considerando que, se voltássemos no tempo, à época da origem dos continentes, milhares de anos atrás, veríamos que a terra era constituída de uma única grande área, que mais tarde se dividiu em várias partes que se separaram e migraram para estabelecer as diferentes regiões do mundo, toda a vegetação que estava naquele local, conseqüentemente, também migrou (Figura 1). Sob esse contexto, o sudoeste da África e a Índia peninsular, podem ter sido o centro desta massa de terra antes da separação começar; Índia, Arábia e Irã podem ter sido países vizinhos (Mallick; Massui, 1986).

Os estudos de Filov (1960), baseados na avaliação de 4500 variedades de meloeiro colecionadas em diversas partes do mundo durante 25 anos, levaram a crer que o melão se originou em muitas localidades como Irã, Transcaucásia, Ásia Menor e Índia. Tanto que, Bisognin (2002) afirmou que o sudoeste da África e a região peninsular da Índia, podem ser o local de origem do gênero *Cucumis*, sendo a teoria sustentada por se encontrar tipos idênticos de melões nestas regiões e em suas adjacências.

A ocorrência desta cultura em várias formas e em diferentes partes do mundo, pode ser resultado da disseminação por animais ou pelo homem. A presença dos melões orientais na China e no Japão, dos melões cantaloupe na Europa e na Ásia, dos melões silvestres (invasores) e de tipo ácido na África, na Índia, na China e no Japão, bem como de numerosos cultivares nos Estados Unidos e no Canadá e de cultivares avançados nos mercados modernos, demonstram que esta cultura possui uma ampla distribuição na atualidade (Paiva; Queiróz, 2003).

No Brasil, a espécie é conhecida desde o século XVI quando foi trazida, provavelmente pelos escravos e assim, no Nordeste, o meloeiro chegou por volta dos anos 60 do século passado. Na atualidade, essa região do Brasil é a principal produtora, com destaque para os Agropolos de Mossoró e Açu, no Rio Grande do Norte, e do Baixo Jaguaribe, no Ceará, cujos melões mais cultivados pertencem aos tipos Amarelo (lisos ou rugosos), Gália, Cantaloupe, Charentais (lisos e rendilhados) e verde espanhol (Torres, 1997; Pedrosa, 1997).

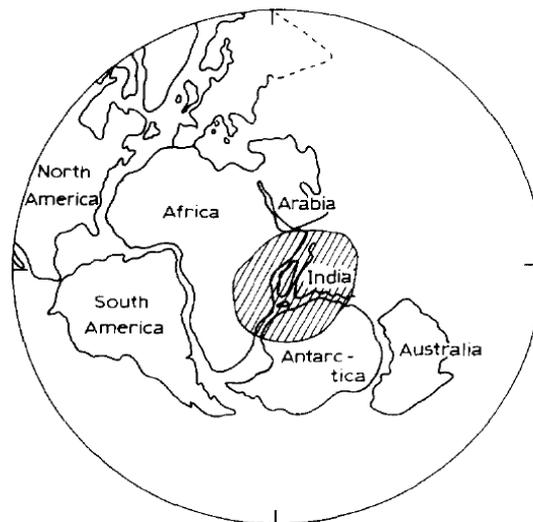


Figura 1. Posição original de diferentes continentes. Área sombreada indica a possível origem dos melões (Adaptado de Mallick e Massui, 1986).

2. Classificação botânica

A família Cucurbitaceae, está dividida em duas subfamílias – *Zananiae* com 1 tribo, 18 gêneros e aproximadamente 80 espécies, e *Cucurbitae* com 7 tribos, 100 gêneros e 745 espécies, sendo a família considerada monofilética (Almeida, 2006).

Segundo Engler (1964), Cronquist (1988) e Souza e Lorenzi (2002), o melão enquadra-se nas categorias taxonômicas descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação taxonômica do meloeiro, segundo Engler (1964), Cronquist (1988) e Souza e Lorenzi (2002).

	Engler (1964)	Cronquist (1988)	Souza; Lorenzi (2002) *
Reino	Plantae	Plantae	Plantae
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledoneae	Dicotyledoneae	Dicotyledoneae
Subclasse	----	Dilleniidae	Gunneridae
Ordem	Cucurbitales	Violales	Cucurbitales
Família	Cucurbitaceae	Cucurbitaceae	Cucurbitaceae
Subfamília	Cucurbitae	----	----
Tribo	Melothrieae	----	Benincaseae
Subtribo	Cucumerinae	----	----
Gênero	Cucumis	Cucumis	Cucumis
Espécie	<i>C. melo</i>	<i>C. melo</i>	<i>C. melo</i>

*Baseado na classificação da Angiosperm Phylogeny Group II (APG II).

A espécie *C. melo* está dividida em duas subespécies: *C. melo* subsp. *agrestis* com indumento curto no ovário, e *C. melo* subsp. *melo*, com ovário de indumento longo, sendo considerada, em alguns casos, espécies silvestres pertencentes à primeira subespécie e os tipos cultivados, à segunda (Almeida, 2006).

3. Morfologia, anatomia e classificação dos cultivares

É uma espécie herbácea anual, possui sistema radicular apumado em que a raiz pivotante pode atingir até 1 metro de profundidade, embora a maioria das raízes se localize nos 30-40 cm superficiais do solo (Robinson; Decker-Walters, 1997).

A parte aérea é polimórfica, os caules tem consistência herbácea e podem apresentar crescimento prostrado ou trepador, devido à presença de gavinhas, essas estruturas inserem-se diretamente nos nós dos caules e não são ramificadas (Almeida, 2006). Os caules têm secção quase circular e as folhas são inteiras, subcordadas com 3 a 7 lóbulos, pubescentes (Brandão Filho; Vasconcelos, 1998)

O melão pode apresentar quatro tipos de expressão sexual: andromonoica, ginomonoica, monoica e hermafrodita. Em geral, as variedades americanas são andromonoicas, enquanto que as europeias são monoicas (Negreiros et al., 2005).

A maioria dos cultivares são andromonoicos (possuem flores masculinas e hermafroditas na mesma planta) ou mais raramente monoicas, ou seja, apresentam flores masculinas e femininas na mesma planta (Silva et al., 2003). Frequentemente a cultura é classificada como uma planta alógama, entretanto, registros do percentual de cruzamento evidenciam que se trata de uma espécie de reprodução mista (Pedrosa, 1997; Silva et al., 2003). Nesta cultura a polinização alogâmica é muito variável, entre 5 a 75% (Almeida, 2006).

A flor masculina consiste de uma corola, um simples verticilo de cinco estames que estão unidos com as anteras, quase obstruindo o pequeno tubo da corola, na base um estilete rudimentar que é cercado pelos nectários (Robinson; Decker-Walters, 1997). Geralmente são axilares e agrupadas numa inflorescência tipo cacho (Almeida, 2006).

Estas aparecem primeiro, em cerca de 7 a 10 dias e em número muito maior que as flores femininas, formando grupos de 3 a 5 flores no mesmo nó, as flores femininas e hermafroditas encontram-se solitárias no nó, as sépalas encontram-se parcialmente soldadas e a corola está constituída por 5 pétalas de cor amarela, soldadas na base (Pedrosa, 1997; Fontes; Puiatti, 2005)

O gineceu é composto por três estigmas, um estilete e nectário na base, possui ovário ínfero com 2 a 5 carpelos que se abrem apenas uma vez pela manhã (Almeida, 2006). As flores do melão abrem-se algum tempo após o aparecimento do sol e esse estado depende da luz solar, da temperatura e da umidade, desse modo, quando a temperatura é baixa, a umidade é alta ou o dia está nublado, a abertura da flor é retardada (Robinson; Decker-Walters, 1997; Brandão Filho; Vasconcelos, 1998).

As flores hermafroditas compõem-se de anteras e de um grande estigma com três lobos, na base dos quais existe o nectário (Robinson; Decker-Walters, 1997). São solitárias, e a corola termina com um ovário alongado (Almeida, 2006).

O fruto é um pepônio de forma esférica ou ovoide, alongado de coloração variável, sendo que os imaturos são pubescentes, tornando-se glabros à medida que crescem (Almeida, 2006). A

casca pode ser lisa ou reticulada, a cor da polpa laranja, rosa ou branca (Pedrosa, 1997). A polpa deriva das paredes do ovário e não da placenta, como é o caso da melancia, podendo a placenta apresentar aspecto seco ou gelatinoso, dependendo dos cultivares (Combrink et al., 2001). Cada fruto produz entre 200 a 600 sementes, dispostas simetricamente na parte interna da polpa sendo, em média, 20 a 30 sementes por grama (Fontes; Puiatti, 2005).

A quantidade de açúcares existente na polpa (mesocarpo) é bastante superior à quantidade existente no exocarpo e nas sementes, este comportamento concorda com o maior consumo de carboidratos pelo processo respiratório no mesocarpo (Combrink et al., 2001).

O isolamento de melões dos insetos polinizadores tem provado que as flores hermafroditas não sejam incapazes de desempenharem a autopolinização, devendo o pólen ser transferido da antera para o estigma por insetos, caso contrário, a formação de sementes é prejudicada e melões com menos que 400 sementes são, geralmente pequenos e classificados como refugio (Pedrosa, 1997).

Uma alta correlação pode ser observada entre o número de sementes e o tamanho do fruto porque, quanto maior for o número de sementes, maior será o tamanho do fruto, portanto, o aumento do número de visitas pelas abelhas gera um aumento do número de sementes produzidas (Almeida, 2006).

Segundo o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (CEAGESP, 2004), o fruto do melão é altamente polimórfico, existindo sete variedades botânicas de interesse para a agricultura descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Grupos varietais de melão, adaptados ao Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura (Adaptado de CEAGESP, 2004).

Grupo varietal	Nome comum	Textura da casca	Cor da casca	Cor da polpa	Forma
Amarelo	Amarelo	Pouco rugosa a rugosa	Amarelo entre amarelo esverdeado e amarelo intenso	De branca esverdeada a creme	Entre oval e elíptica
Honey dew yellow	Pingo de mel	Lisa	Amarela	Branca	Esférica
Honey dew White	Orange	Lisa	Branca a branca amarelada	Alaranjada	Esférica
Honey dew green	Orange verde	Lisa	Branca a branca amarelada	Verde	Esférica
Pele de sapo	Espanhol, melão sapo	Levemente rugosa, podendo ser escriturada	Verde com manchas escuras, tendendo ao amarelo	Esverdeada	Esférica
Gália	Gália	Entre escriturada e finamente reticulada	Entre o amarelo acinzentado e o alaranjado	De branca esverdeada a branca rosada	Esférica
Cantaloupe	Cantaloupe	Intensamente reticulada	Verde clara acinzentada	Salmão	Esférica
Charentais	Melão francês, costilhado (desenhos em forma de costela)	Intensamente reticulada	Verde clara acinzentada com faixas verde escuro	Salmão	Esférica
Net melon	Melão japonês, rendilhado	Intensamente reticulada	Verde clara	Salmão	Esférica
Caipira	Melão de cheiro, caipira	Lisa gomada a levemente reticulada gomada	Verde clara a amarelo clara	Salmão claro a escura	Esférica a elíptica

4. Germinação

Sendo originário de regiões tropicais, o meloeiro requer climas quentes e secos, ou seja, temperaturas elevadas, mas não excessivas, pois do contrário seu desenvolvimento é prejudicado (Filgueira, 1981; Pedrosa, 1997; Brandão Filho; Vasconcelos, 1998; Silva et al., 2003). Com temperaturas abaixo de 12°C o crescimento vegetativo é paralisado e acima de 40°C, promove alta respiração (Fontes; Puiatti, 2005).

Os principais fatores que determinam a germinação são a temperatura, oxigenação e a umidade do substrato, por outro lado, as sementes desta cultura não apresentam nenhuma relação com a luz (Brandão Filho; Vasconcelos, 1998). Semelhante às outras espécies da família Cucurbitaceae, a germinação da semente do melão é epígea; no início, as pontas dos cotilédones estão invertidas para depois erigir, logo, o hipocótilo que se endireita e ascende

junto com os cotilédones, e o tegumento da semente é expulso (Robinson; Decker-Walters, 1997).

Para propiciar as condições adequadas para o início do processo de germinação, as sementes podem ser previamente umedecidas, isso, consiste na suspensão das mesmas em água tépida (aproximadamente a 18°C) durante 24 horas, seguida de 2 a 3 dias a 25 - 35°C (Almeida, 2006).

Em estudos realizados com sementes de melão por Brandão Filho e Vasconcelos (1998), foi demonstrado que existe uma forte correlação entre a temperatura, porcentagem de germinação e velocidade de germinação, os resultados podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Correlação entre temperatura, porcentagem de germinação e tempo para emergência das plântulas de melão (Adaptado de Brandão Filho e Vasconcelos, 1998).

Temperatura (°C)	Germinação (%)	Tempo (dias)
10	0	-
15	42	7,5
20	97	4,0
25	100	2,0
30	98	2,0
35	100	2,0
40	99	2,0

5. Desenvolvimento de raízes, caule e folhas

Com relação à temperatura do solo ideal para o desenvolvimento radicular do meloeiro, Brandão Filho e Vasconcelos (1998), registraram a temperatura de 14°C como a condição mínima, e de 40°C como a máxima, sendo considerada a temperatura de 34°C como ideal para o desenvolvimento das radículas. Sendo uma dicotiledônea, perene na natureza, mas, cultivada como planta anual, o sistema radicular é superficial e praticamente sem raízes adventícias, tendo baixa capacidade de regeneração quando danificado (Robinson; Decker-Walters, 1997).

De modo geral, o meloeiro apresenta três fases distintas de crescimento: fase 1 - crescimento lento até 15 dias após a germinação (DAG); fase 2 - onde o crescimento é mais

rápido, intensificando-se de 25 a 45 DAG atingindo o máximo, dependendo do genótipo cultivado e fase 3 - pequeno ou nenhum aumento da massa foliar (Silva et al., 2003).

O caule principal desenvolve-se a partir do hipocótilo e pode, em desenvolvimento livre, chegar a atingir 5 metros de comprimento, nas axilas do caule principal desenvolvem-se ramificações secundárias, das quais apenas as 3 ou 4 primeiras atingem crescimentos apreciáveis e se designam por braços. As ramificações secundárias superiores são menos desenvolvidas e evoluem para ramos frutíferos, sendo que estas têm o mesmo hábito de crescimento que o caule principal, originando ramificações terciárias que possuem flores femininas nos 2 ou 3 primeiros nós (Almeida, 2006).

Geralmente apresenta um crescimento herbáceo, podendo ser prostrado ou trepador, provido de nós com gemas, sendo que a partir dessas gemas desenvolvem-se gavinhas, folhas, novo caule ou ramificação (Torres, 1997).

As folhas são alternadas simples, palmadas, pentabuladas, angulosas quando jovem e subcordiformes quando completamente desenvolvidas e possui gavinhas que são órgãos de sustentação da planta que nascem nas axilas das folhas (Brandão Filho; Vasconcelos, 1998). Apresentam tamanho variável, são ásperas, providas de pelos, limbo orbicular, reniforme e com as margens denteadas (Pedrosa, 1997; Fontes; Puiatti, 2005).

A faixa ótima de temperatura para o melhor crescimento e produção durante todo ciclo do meloeiro situa-se entre 25° C e 35°C. Sob baixas temperaturas de 15 a 20°C, a ramificação do meloeiro é prejudicada, resultando em plantas pouco desenvolvidas (Silva et al., 2003).

6. Efeitos de fatores ecológicos

A produção de frutos do meloeiro depende basicamente de três fatores: o germoplasma, o solo e o clima, a compreensão de cada um desses fatores e de suas interrelações são premissas básicas para uma boa produtividade (Brandão Filho; Vasconcelos, 1998).

As condições do ambiente que favorecem o cultivo do meloeiro estão relacionadas aos fatores climáticos, temperatura, umidade relativa e luminosidade, uma combinação de alta temperatura e luminosidade junto com baixa umidade relativa, favorece o estabelecimento do meloeiro e o aumento da produtividade, resultando num maior número de frutos com qualidade comercial (Pedrosa, 1997).

Os fatores climáticos são, ainda, importantes indicadores para a escolha da melhor época de plantio que, em geral, pode ocorrer em diferentes períodos do ano, de acordo com a localização e a altitude da região (Silva et al., 2003).

6.1 Radiação

Os processos da fotossíntese (síntese de substâncias orgânicas mediante a fixação do gás carbônico do ar através da ação da radiação solar) e da transpiração (processo de perda de água da superfície da planta), responsáveis pela produção e pelo uso de água da planta, dependem das condições ambientais e das características da planta (Taiz; Zaiger, 2013). Como o meloeiro é muito exigente em luminosidade durante todo o ciclo, a duração e a intensidade luminosa são fatores decisivos a serem considerados na escolha da área para o cultivo (Pedrosa, 1997).

Silva et al. (2003), mencionam que a redução da intensidade luminosa ou o encurtamento do período de iluminação tem influência negativa no crescimento da planta com redução da área foliar, assim, todos os fatores que afetam a fotossíntese afetam, também, a produção e a qualidade do melão. Contudo, dias longos tem influência positiva no desenvolvimento da folhagem e na emissão de flores masculinas (Robinson; Decker-Walters, 1997).

Durante a fase de formação das mudas, as folhas cotiledonares têm função importante até o aparecimento das duas ou três primeiras folhas definitivas (Almeida, 2006). As folhas do meloeiro têm capacidade de trabalhar até 70 a 75 dias após a germinação, entretanto sua atividade máxima ocorre nos primeiros 15 dias, sendo que após este período sua velocidade fotossintética diminui (Pedrosa, 1997). A quantidade de horas luz também é fundamental para uma boa produção e qualidade dos frutos, necessitando de um mínimo de 15 horas. (Silva et al., 2003).

6.2 Umidade

O fator água é sem dúvida um dos mais importantes no desenvolvimento vegetativo e o principal constituinte vegetal (cerca de 80%); atuando no transporte, como reagente no metabolismo básico, na turgescência celular e é responsável pela forma e estrutura dos órgãos, atuando, ainda, no mecanismo estomático, na penetração do sistema radicular no solo, tornando-se essencial no crescimento e desenvolvimento vegetativo (Filgueira, 1982).

O meloeiro é pouco exigente em umidade e, portanto, regiões com elevados índices pluviométricos dificultam o cultivo (Fontes; Puiatti, 2005). A umidade relativa do ar ótima situa-se na faixa de 65% a 75% durante a fase de crescimento vegetativo (Brandão Filho; Vasconcellos, 1998). Condições de umidade do ar elevada promovem a formação de frutos de má qualidade e propiciam a disseminação de doenças na cultura (Almeida, 2006). Os melões produzidos nessas condições são pequenos e de sabor inferior, geralmente com baixos teores

de açúcares, devido à ocorrência de doenças fúngicas que causam a queda de folhas (Silva et al., 2003).

6.3 Temperatura

Entre os fatores climáticos que afetam diretamente a cultura, o principal é a temperatura, tanto do ar quanto do solo, por influenciar desde a germinação das sementes até a qualidade final do fruto, sendo a faixa ótima de 20 a 30°C (Robinson; Decker-Walters, 1997). O meloeiro requer entre 2500 e 3000 graus de calor total para completar a maturação e cerca de 1000 graus de calor desde a floração até a colheita do fruto (Negreiros et al., 2005). Essas condições são facilmente encontradas no Nordeste do Brasil, em especial nos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia, Pernambuco (Silva et al., 2003) e na Região Norte de Minas Gerais (Souza et al., 1999), ou seja, no Semiárido.

Na etapa de formação e amadurecimento dos frutos, a temperatura acumulada (TA), isto é, a somatória das temperaturas médias diárias registradas durante o período que vai desde a polinização até a colheita, pode influenciar na qualidade dos frutos, coloração e textura da polpa e no teor de sólidos solúveis (°Brix) (Brandão Filho; Vasconcelos, 1998). Sendo assim, foi demonstrada na Tabela 4 a correlação entre estes dois fatores, para alguns cultivares.

Tabela 4. Temperatura acumulada (TA) de alguns cultivares de melão. (Adaptado de Brandão Filho e Vasconcelos, 1998).

Cultivares	Dias após a polinização	°Brix	T. A
Amarelo CAC	32	12	800
Prince	32	15	800
Sun Rice	42	16	1150
Bonus	54	15	1280

7. Relações hídricas

Welbaum e Bradford (1989) estudaram as relações hídricas de sementes de melão e observaram variações nos teores de água na semente da seguinte maneira: 91% - 10 dias após a antese (DAA), 42% - 35 DAA, 35% - 50 DAA, 43% - 65 DAA. A germinação iniciou-se entre 25 e 30 DAA e foi máxima aos 45 DAA.

A eficiência do uso da água na cultura do melão, assim como em todas as outras culturas variam conforme os métodos de irrigação e tipo de manejo do solo. A necessidade de uso da água dessa espécie também é variável quanto aos seus estádios fenológicos. Silva et al. (2007) avaliaram a eficiência do uso da água e determinaram o índice de estresse hídrico da cultura do melão através da redução de 10, 20 e 30% do método de irrigação tradicional utilizado para esse cultivo no nordeste brasileiro. Os autores observaram que uma redução de 10% no valor da irrigação tradicional utilizada levou à um aumento na produtividade e o índice de estresse hídrico de 0,35 obtido nesse tratamento poderia ser utilizado como novo limiar de irrigação na cultura do melão para aquela região.

A quantidade de água utilizada na irrigação pode também afetar diretamente não só características quantitativas, mas também qualitativas dos frutos de melão. Al-Mefleh et al. (2012), testaram diferentes níveis de irrigação baseados na ETr da cultura e observaram que irrigações baseadas em 100% da ETr proporcionaram maior comprimento, diâmetro, massa e °Brix dos frutos, bem como maior número de sementes produzidas, maior número de sementes viáveis e menor número de sementes inviáveis. Entretanto, irrigações com 75% da ETr proporcionaram melhores rendimentos da cultura, enquanto irrigações com 50% do fator resultaram em melhor parâmetro de eficiência no uso da água pela cultura.

Além da irrigação, demais técnicas culturais proporcionam diferenças no consumo de água pela cultura durante o ciclo, nesse sentido, Monteiro et al. (2013), utilizando a técnica de cultivo com “mulching”, observou uma economia de 27 mm de água durante o ciclo do melão quando comparado com método convencional de cultivo sem cobertura do solo.

8. Solos, nutrição e micorrizas

As diferenças morfológicas entre raízes de melões cultivados e silvestres foram estudadas por Fita, Nuez e Bico (2011), que observaram menor número de ramificações nas espécies selvagens, levando à um menor contato com os nutrientes do solo e eficiência no uso da água.

A demanda nutricional das culturas é de extrema importância para uma boa condução da lavoura. As exigências nutricionais da cultura do meloeiro pele-de-sapo foram estudadas por Silva Júnior et al. (2006), onde concluiu-se que mais de 50% dos nutrientes absorvidos foram acumulados na parte vegetativa da planta. Observou-se também que potássio, cálcio e nitrogênio foram os nutrientes mais importantes exigidos, sendo que o período de maior exigência nutricional ocorreu entre os 43 e 53 dias após a semeadura da cultura.

O potássio também esteve em foco em pesquisa realizada por Demiral e Köseoglu (2014), onde três doses de K foram comparadas a um controle sem aplicação do elemento. Os autores concluíram que não ocorreu aumento de produtividade com o uso das diferentes doses, porém doses de 400 e 600 mg L⁻¹ levaram à um maior número de frutos e maior firmeza dos mesmos, quando comparados ao tratamento controle.

Damasceno et al. (2011) avaliando seis doses de nitrogênio e seis doses de potássio, observaram que as diferentes doses não influenciaram o acúmulo de massa seca pelas plantas de melão e a maior taxa de absorção dos nutrientes se deu aos 44 dias após o transplante. Os autores concluíram também que a ordem de importância dos nutrientes para essa cultura é K > N, mesma observação realizada por Kano (2002).

O uso de micorrizas tem se tornado importante não só na cultura do melão como também nas demais culturas espalhadas pelo globo. Huang et al. (2011), testando três diferentes espécies de fungos arbusculares (*Glomus mosseae*, *G. versiforme* e *G. intraradices*) em plantas sob dois regimes de irrigação (100% da capacidade de campo e 63% da capacidade de campo), observaram que tratamentos sob o menor regime de irrigação sofreram decréscimo significativo na colonização das raízes do melão pelos fungos. Dentre as três espécies de fungos testadas, *G. mosseae* se mostrou como a mais responsiva em termos de colonização de raízes das plantas. Independente do estado hídrico das plantas, tal espécie de fungo proporcionou maiores valores na altura das plantas, comprimento de raiz, matéria fresca e matéria seca. A inoculação de fungos arbusculares micorrizicos também mostrou aumento da concentração de açúcares solúveis e superóxido dismutase quando comparados com tratamentos não inoculados sob os dois regimes de irrigação.

9. Fotossíntese

O meloeiro é uma das espécies de plantas classificadas como C3 e possui algumas alternativas para aumento nas taxas assimilação de carbono. Liu et al. (2011), utilizando enxertos de *Cucumis melo* em porta-enxertos de *Cucurbita maxima* e *C. moschata*, observaram aumento nas quantidades de clorofila a, clorofila b e clorofila a+b, quando comparadas a plantas de *C. melo* não enxertadas. A enxertia provocou também aumento na taxa fotossintética, condutância estomática, concentração intracelular de CO₂ e na taxa de transpiração.

Estratégias para melhor manejo das relações fonte-dreno também são uma forma de alteração da translocação de fotoassimilados pela cultura. Long et al. (2004), observaram que aplicação exógena de biorreguladores bem como a presença de apenas um fruto por planta,

levaram à um aumento na concentração de sólidos solúveis nos frutos. Contudo, a viabilidade econômica é questionável devido à redução na produtividade.

Em relação à ambientes controlados, Mavrogianopoulos, Spanakis e Tsikalas (1999), observaram aumento na produtividade de frutos quando as plantas foram expostas diariamente por 5h à ambientes com taxa de CO₂ elevada.

10. Florescimento e frutificação

Na maioria dos cultivares de melão, as flores masculinas surgem primeiro e desenvolvem-se nas gemas axilares do caule principal, enquanto que as flores femininas e as hermafroditas desenvolvem-se nas primeiras gemas axilares dos caules secundários e terciários, surgindo posteriormente às masculinas (Brandão Filho; Vasconcelos, 1998; Fontes; Puiatti, 2005).

A temperatura tem papel fundamental no processo de florescimento, sendo assim, temperaturas noturnas de 20°C e diurnas de 25°C induzem a emissão de flores hermafroditas, tanto que temperaturas elevadas durante a noite (28°C) podem ocasionar abortamento das mesmas (Zapata, 1989).

Temperaturas elevadas, acima de 35°C estimulam a formação de flores masculinas, que também sofrem influência de outros fatores ambientais como água, luz e nutrientes, principalmente o nitrogênio, por outro lado, a expressão de flores femininas é favorecida pelas condições de baixas temperaturas (Pedrosa, 1997).

Além da influência dos fatores climáticos no florescimento e na frutificação do meloeiro, a presença de agentes polinizadores, normalmente abelhas melíferas, é importante para garantir a produção e a qualidade comercial dos frutos (Negreiros et al., 2005). As flores femininas e mesmo as hermafroditas necessariamente devem ser polinizadas por insetos, pois os grãos de pólen são pesados e pegajosos formando grumos e dificultando o transporte pelo vento (Almeida, 2006).

Por outro lado, o etileno é um importante hormônio na determinação sexual de flores de melão, conforme mostram estudos feitos por Papadopoulou et al. (2005). Nestes trabalhos, os autores verificaram que variedades modificadas de melão que apresentavam maior produção de etileno apresentaram também maior número de flores bissexuais, mostrando a importância do etileno na formação de flores pistiladas em melão. Abreu et al. (2008), estudando possíveis variações entre dois híbridos de melão, observaram que a primeira leva de flores masculinas aparecem de 14 a 15 dias após o plantio da cultura, com duração de aproximadamente 30 dias. Já as flores hermafroditas aparecem a partir de 20 dias após o

plantio da cultura, por volta dos 15 dias. Em relação à viabilidade de grãos de pólen e estigma, foram constatados períodos de 7 e 12h após a antese, respectivamente.

As relações entre número de frutos por planta e suas massas são inversamente proporcionais. Queiroga et al. (2008) constataram tal situação, onde plantas de melão com apenas um fruto levaram à frutos com maior massa, entretanto a produtividade foi reduzida. Também concluíram que a redução de drenos (retirada de frutos) levou a um aumento na espessura da polpa, comprimento, diâmetro e concentração de sólidos solúveis. A retirada de frutos de tamanho comercial durante o desenvolvimento das plantas de meloeiro também foi estudada por Keblawy e Doust (1996). Os autores observaram que tanto plantas que tiveram frutos retirados como plantas que não tiveram apresentaram biomassa total similar, porém distribuídas de forma diferente (ex: plantas com frutos retirados apresentaram maior número de folhas). Tanto as plantas que tiveram frutos retirados como as plantas em que os mesmos não foram retirados apresentaram o mesmo número de flores femininas. Entretanto, ficou evidenciado que a retirada de frutos levou a uma maior produção de flores masculinas e frutos com sementes menores e em menor número.

11. Efeitos dos reguladores vegetais

O uso de reguladores vegetais é uma prática comum dentro do manejo de culturas agrícolas. O uso de giberelinas sintéticas (GA_3) exógenas, por exemplo, foi estudado por Papadopoulou, Giannakoula e Ilias (2006), onde observou-se aumento do primeiro entrenó e folhas. O uso de GA_3 não alterou, os valores totais de açúcares e sólidos solúveis, aumentando, porém, a quantidade de vitamina C nos frutos. Também a taxa de maturidade (proporção entre sólidos solúveis e a acidez do fruto) aumentou com o uso de GA_3 , quando comparado ao tratamento controle.

A aplicação exógena de brassinosteroides pode promover alterações morfológicas em espécies como pepino e chuchu. Entretanto, Papadopoulou e Grumet (2005) não observaram tais alterações em melão, onde a aplicação exógena de epi-BL não resultou em alterações nos padrões de expressão sexual de flores, precocidade ou número de flores femininas.

A aplicação de etileno exógeno em melão foi estudada por Girek et al. (2012), onde constatou-se que o etileno, quando comparado com o tratamento controle, proporcionou aumento de flores perfeitas (flores com androceu e gineceu), reduzindo também o número de flores com apenas androceu, atuando na precocidade do aparecimento da primeira flor pistilada e retardando o aparecimento da primeira flor masculina.

12. Estratégias para altas produções

Muitos são os métodos disponíveis para incremento da produção na cultura do meloeiro. Alguns deles como adubação, irrigação e uso de biorreguladores foram abordados anteriormente. Dependendo do destino final dos frutos, a poda dos mesmos pode ser uma opção viável para aumento da massa dos frutos, sendo que esse tipo de manejo diminui a produtividade final. Outra prática interessante para aumento do valor comercial dos frutos é o uso da agricultura orgânica, uma vez que o preço final de frutos orgânicos é maior e possui um grande mercado consumidor, principalmente nos grandes centros urbanos.

Outra forma bastante utilizada para incremento de produtividade na cultura do melão é o cultivo protegido ou ambientes controlados como casas de vegetação. Apesar do custo inicial do investimento ser mais alto do que o plantio convencional da cultura, o retorno em produtividade muitas vezes torna o investimento interessante. Coelho et al. (2008), observaram que o uso de plástico com faces preta/prata e gotejadores posicionados à 20 cm de profundidade no solo promoveram aumento da massa de frutos e produtividade.

O método de polinização a ser utilizado também é muito importante. Estudos apontam que dependendo do agente polinizador, características como concentração de sólidos solúveis, firmeza e biometria dos frutos, podem ser alteradas (Shin; Park; Kim, 2007; Dasfgan et al., 1999).

Portando, as estratégias para altas produções de melão devem focar o manejo da irrigação e nutrição das plantas, uso de *mulching*, cultivo protegido ou ambientes controlados, estudo de polinizadores presentes e uso de reguladores vegetais, sempre levando em conta a viabilidade dos investimentos que deverão ser efetuados.

Referências

ABREU, T.B. et al. Fenologia floral, viabilidade do grão de pólen e receptividade do estigma do meloeiro. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Miami, v. 52 p.43-46, 2008.

AL-MEFLEH, N.K. et al. Effect of irrigation levels on fruit characteristics, total fruit yield and water use efficiency of melon under drip irrigation system. **Journal of Food Agriculture & Environment**, Helsinki, v. 10, n. 2, p. 540-545, 2012.

ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Ed. Presença, 2006. v. 2, 325 p.

BISOGNIN, D.A. Origem e evolução de cucurbitáceas cultivadas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 5, p. 715-723, 2002.

BRANDÃO FILHO, J.U.T.; VASCONCELLOS, M.A.S. A cultura do meloeiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S.W. (Org.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1998. p.161-193.

COMBRINK, N.J.J.; AGENBAG, G.A.; LANGENHOVEN. Anatomical and compositional changes during fruit development of 'Galia' melons. **South Africa Journal of Plant Soil**, Pretoria, v. 18, n. 1, p. 7-14, 2001.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. Centro de Qualidade em Horticultura. **Normas de classificação de melão**. São Paulo, 2004. 6 p. (CQH. Documentos, 27).

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. New York: The New York Botanical Garden, 1988. 555 p.

DAMASCENO, A.P.A.B. et al. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão Cantaloupe tipo Harper fertirrigado com doses de N e K. **Caatinga**, Mossoró, v. 25, p. 137-146, 2012.

DASFGAN, A.O. et al. Comparison of honey bees (*Apis mellifera* L.) and bumble bees (*Bombus terrestris*) as pollinators for melon (*Cucumis melo* L.) grown in greenhouses. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CUCURBITS, 1., 1998. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 492, p. 131-134, 1998.

DE QUEIROGA, R.C.F. et al. Yield and quality of muskmelon fruits varying fruit and leaf numbers per plant. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 209-215, 2008.

DEMIRAL, M.A.; KOSEOGLU, A.T. Effect of potassium on yield, fruit quality, and chemical composition of greenhouse-grown Galia melon. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 28, n. 1, p. 93-100, 2005.

ELKEBLAWY, A.; LOVETTDOST, J. Resource re-allocation following fruit removal in cucurbits: patterns in cantaloupe melons. **New Phytologist**, London, v. 134, n. 3, p. 413-422, 1996

ENGLER, A.; PRANTL, K. **Die natürlichen pflanzenfamilien nebst ihren gattungen und wichtigeren arten insbesondere den nutzpflanzen unter mitwirkung zahlreicher hervorragender fachgelehrten**. Munich; Leipzig: Wilhelm Engelmann, 1889. v. 4, 634 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. v. 2, 587 p.

FILOV, A.I. The problem of melon systematics. **Vestnik sel' Skochozjajstvennoj Nauki**, Moscow, v. 1, p. 126-132, 1960.

- FITA, A.; NUEZ, F.; PICO, B. Diversity in root architecture and response to P deficiency in seedlings of *Cucumis melo* L. **Euphytica**, Wageningen, v. 181, n. 3, p. 323-339, 2011
- FONTE, P.C.R.; PUIATTI, M. Cultura do melão. In: FONTES, P.C.R. (Ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. p. 407-428.
- GIREK, Z. et al. The effect of growth regulators on sex expression in melon (*Cucumis melo* L.). **Crop Breeding and Applied Technology**, Lavras, v. 13, p 165-171, 2013.
- HUANG, Z. et al. Physiological and photosynthetic responses of melon (*Cucumis melo* L.) seedlings to three *Glomus* species under water deficit. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 339, p. 391-399, 2011.
- KANO, C. **Extração de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com a adição de potássio e CO₂ na água de irrigação**. 2002. 102 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- LIU, Y. et al. Grafting helps improve photosynthesis and carbohydrate metabolism in leaves of muskmelon. **International Journal of Biological Sciences**, Dhaka, v. 7, p. 1161-1170, 2001.
- LONG, R.L. et al. Source-sink manipulation to increase melon (*Cucumis melo* L.) fruit biomass and soluble sugar content. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 55, p. 1241-1251, 2004.
- MALLICK, M.R.F.; MASSUI, M. Origin e distribution and taxonomy of melons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, p. 251-261, 1986.
- MAVRAGIANOPOULOS, G.N.; SPANAKIS, J.; TSIKALAS, P. Effect of carbon dioxide enrichment and salinity on photosynthesis and yield in melon. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 79, p. 51-63, 1999.
- MONTEIRO, R.O.C. et al. Net melon performance as affected by the drip irrigation depth and mulching. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 447-451, 2008.
- MONTEIRO, R.O.C. et al. Water consumption and soil moisture distribution in melon crop with mulching and in a protected environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 35, p. 555-564, 2013.
- NEGREIROS, M.Z. et al. Rendimento e qualidade do melão sob lâminas de irrigação e cobertura do solo com filmes de polietileno de diferentes cores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 773-779, 2005.
- OUZOUNIDOU, G. et al. Effect of plant growth regulators on growth, physiology and quality characteristics of *Cucumis melo* L. **Vegetable Crops Research Bulletin**, Warsaw, v. 65, p. 127-135, 2006.

OUZOUNIDOU, G. et al. Plant growth regulators treatments modulate growth, physiology and quality characteristics of *Cucumis melo* L. plants. **Pakistan Journal of Botany**, Karachi, v. 40, n. 3, p. 1185-1193, 2008.

PAIVA, W.O.; QUEIRÓZ, M.A. Origem, evolução e classificação botânica. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. (Ed.). **Melão: produção, aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, Brasília, 2003. p. 19-21.

PAPADOPOULOU, E.; GRUMET, R. Brassinosteroid-induced femaleness in cucumber and relationship to ethylene production. **HortScience**, St. Joseph, v. 40, p. 1763-1767, 2005.

PAPADOPOULOU, E. et al. Effect of modified endogenous ethylene production on sex expression, bisexual flower development and fruit production in melon (*Cucumis melo* L.). **Sexual Plant Reproduction**, Heidelberg, v. 18, p. 131-142, 2005.

PEDROSA, J.F. **Cultura do melão**. Mossoró: ESAM, 1997. 50 p.

QUEIROGA, R.C.F. et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro variando número de frutos e folhas por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 209-215, 2008.

ROBINSON, R.W.; DECKER-WALTERS, D.S. **Cucurbits**. New York: CAB International, 1997. 226 p. (Crop Production Science in Horticulture, 6).

SILVA, B.B. et al. Crop water stress index and water-use efficiency for melon (*Cucumis melo* L.) on different irrigation systems. **Agricultural Journal**, Faisalabad, v. 2, p. 31-37, 2007.

SILVA, H.R.; COSTA, N.D.; CARRIJO, O.A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. (Ed.). **Melão: produção, aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2003. p. 23-28.

SILVA JÚNIOR, M.J. et al. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro Pele-de-Sapo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 364-368, 2006.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG II**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2012. 867 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TORRES, J.M. Los tipos de melón comercial. In: VALLESPÍR, A.N. (Coord.). **Melones, horticultura, reus**, 1997. p. 12-19. (Compendios de Horticultura, 10).

WELBAUM, G.E.; BRADFORD, K.J. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). II. Development of germinability, vigour, and desiccation tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 40, p. 1355-1362, 1989.

ZAPATA, M. Descripción biológica y exigencias medicambientales. In: ZAPATA, M. **El melón**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989.

ZAPATA, M. Water consumption and soil moisture distribution in melon crop with mulching and in a protected environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 35, n. 2, p. 555-564, 2013.

PIMENTÃO



PIMENTÃO (*Capsicum annuum*)

Marina Mengardo Gouvêa

1. Origem e distribuição geográfica

O pimentão (*Capsicum annuum*, variedade *annuum*), pertencente à família das Solanáceas, tem como centro de origem o continente americano. O gênero consiste em pelo menos 40 espécies, das quais cinco são exploradas comercialmente: *C. annuum*, *C. baccatum* (como dedo de moça, cumari e cambuci), *C. chinense* (como pimenta-de-bode, biquinho, pimenta-de-cheiro, habanero etc), *C. frutescens* (como malaguetas e tabasco) e *C. pubescens* (como rocoto, etc.), de acordo com Nuez et al. (1996).

Nativo do continente americano, quatro regiões geográficas são reconhecidas como centros de diversidade de espécies do gênero *Capsicum* no mundo, sendo elas: do México ao oeste da América do Sul; do nordeste do Brasil à costa oeste da Venezuela; da costa leste do Brasil; e do sul da Bolívia ao norte e centro da Argentina (Nuez et al., 1996).

Acredita-se que as espécies do gênero *Capsicum* tenham sido domesticadas independentemente em pelo menos três regiões: *C. annuum* var. *annuum* (pimentão) e *C.*

frutescens na Mesoamérica (região compreendida entre o centro do México e o noroeste da Costa Rica), *C. baccatum* var. *pendulum* e *C. pubescens* na região Andina e *C. chinense* na região da Planície Tropical da América do Sul (Nuez et al., 1996).

Algumas espécies do gênero *Capsicum* foram inicialmente selecionadas e domesticadas nas áreas originais do continente americano (centro primário de diversidade). Após a chegada dos europeus às Américas, estas espécies foram introduzidas em diferentes países e os processos de seleção continuaram, dando origem a uma ampla diversidade intra e interespecífica em novas regiões geográficas, consideradas centros secundários de diversidade (Bianchetti; Carvalho, 2005).

A partir da chegada dos navegadores portugueses e espanhóis ao continente americano, as rotas de navegação promoveram a dispersão de espécies picantes e doces de *Capsicum* pelo mundo, possibilitando seu consumo por povos de diferentes origens. Em meados do século XVI, já se cultivava *C. annuum* na Índia, levada ao Oriente Médio pelos colonizadores espanhóis, por se constituir em uma opção mais barata que a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), a qual os portugueses possuíam monopólio sobre a comercialização. No mesmo século, já se podia encontrar também pimentas de outras espécies do gênero *Capsicum*, como *C. frutescens* e *C. chinense*, principalmente na Europa e na África. No século seguinte, já estavam presentes na Oceania (Casali; Couto, 1984; Nuez et al., 1996).

Capsicum annuum var. *annuum* reúne as variedades mais comuns do gênero, a exemplo dos pimentões, das pimentas doces usadas na fabricação de páprica, das picantes jalapeño, cayenne, cerrano e cereja, além das pimentas utilizadas para fins ornamentais. O México e países vizinhos da América Central são considerados centro de diversificação da espécie *C. annuum*, variedade *annuum*, que inclui pimentão e outras pimentas doces e pungentes (Brandão Filho et al., 2018).

Acredita-se que a introdução e consumo de pimentão no Brasil foram devidos a imigrantes espanhóis, portugueses e italianos. Não se conhece a época exata nem o local onde se iniciou o cultivo de pimentão no Brasil. Ainda de acordo com este autor, há indícios de que os primeiros cultivares plantados no país era de origem Casca Dura, de frutos cônicos, tendo sido introduzidos na região conhecida como Cinturão Verde de São Paulo, compreendendo as cidades de Mogi das Cruzes e Suzano (Nick; Borém, 2016).

Devido à sua versatilidade de uso, a cultura apresenta uma expansão anual. Atualmente, os maiores produtores mundiais são Índia, China, México, Turquia, Estados Unidos, Nigéria, Indonésia, Egito, Coreia e Itália (Brandão Filho et al., 2018).

2. Classificação botânica

As espécies do gênero *Capsicum* estão incluídas no Reino *Plantae*, Divisão *Magnoliophyta*, Classe *Magnoliopsida*, Subclasse *Asteriadae*, Ordem *Solanales*, Família *Solanaceae*. *Capsicum* é constituído por tipos não pungentes, representados por espécies que incluem pimentão e pimenta, e por um grande grupo de tipos pungentes, representados por diversas espécies de pimenta. Na espécie *Capsicum annuum*, existe, além do pimentão (*C. annuum*, variedade *annuum*), alguns cultivares de pimenta (como a jalapeño, *C. annuum*) e alguns cultivares ornamentais. As pimenteiras possuem ciclo de vida perene. Entretanto, do ponto de vista cultural, as espécies domesticadas são tratadas como anuais.

3. Morfologia

O pimentão consiste em um subarbusto ramificado anual ou bianual, de caule lenhoso com ramos eretos, angulosos e pubescentes, com folhas simples, inteiras, oval-acuminadas, glabras, de coloração verde-escura, e de tamanho variado. Possui flores são hermafroditas, solitárias, pequenas e numerosas, pétalas brancas, cálice sem constrição na junção com o pedicelo, corola campanulada-rotada e partida, com 6 estames inseridos perto da base da corola, descendente longitudinalmente, as quais permanecem abertas de 2 a 3 dias. Seus frutos consistem em bagas ocas, alongadas ou cúbicas, com coloração verde, amarela, vermelha e roxa. Apesar de serem plantas que apresentam autofecundação, pode ocorrer certo nível de polinização cruzada (Almeida, 2012).

4. Germinação e propagação

Durante o período de maturação da semente, a partir da fertilização do óvulo, há alterações relevantes, com destaque para as variações do teor de água, do tamanho, das massas das matérias fresca e seca, além de outras mudanças, externamente visíveis em frutos e sementes, como cor, forma e a senescência; utilizadas para a identificação da maturidade fisiológica das sementes. Além destes parâmetros, ocorrem também alterações bioquímicas e fisiológicas durante o desenvolvimento do fruto e da semente (Carvalho; Nakagawa, 2000).

Logo após a fertilização do óvulo, ocorrem divisões mitóticas e as células se diferenciam para formar o eixo do embrião e os cotilédones. Em seguida, a maturação ocorre em grande parte na ausência de divisões celulares, com expansão celular e deposição de reservas nos cotilédones ou no endosperma. A maturação se completa atingindo um certo grau de desidratação das sementes e uma gradual redução no metabolismo, quando o embrião passa para um estado metabolicamente inativo ou quiescente. Ao longo do desenvolvimento

das sementes, o metabolismo é anabólico, com síntese e deposição massiva de reservas, segundo Carvalho (2014).

Em relação às alterações fisiológicas, observa-se o aumento da porcentagem de sementes aptas a germinar conforme o processo de maturação evolui, atingindo seu máximo grau próximo à paralisação do fluxo de carboidratos da planta para a semente segundo (Carvalho, 2014).

Ao compararmos com outras solanáceas, como o tomateiro e a berinjela, a germinação e subsequente emergência de sementes do pimenteiro é mais lenta. Geralmente requer um intervalo de 8-12 dias, podendo chegar até 20 dias, de acordo com a temperatura do ambiente e do solo (Nick; Borém, 2016).

A semente do pimentão apresenta temperatura ótima para a germinação na faixa de aproximadamente 25°C. De acordo com Pádua et al. (1984), para emergência do pimentão, a temperatura do solo ótima situa-se entre 25°C e 30°C, não germinando acima de 35°C e abaixo de 10°C. É recomendada a utilização de mudas para transplântio.

Existem relatos da ocorrência de dormência em sementes recém-colhidas de pimentão, podendo ser quebrada através da exposição das sementes a 24°C por 2 a 3 semanas. Outra opção para evitar este evento é colher os frutos maduros e esperar 10 dias para a extração das sementes, acelerando o período do processo de germinação (Nick; Borém, 2016).

5. Desenvolvimento de raízes

O pimenteiro apresenta raiz pivotante. O crescimento de suas raízes é muito influenciado pelo meio de cultivo e pela técnica de propagação. Em semeadura direta, dependendo das condições do solo, o sistema radicular pode atingir até três metros de profundidade. Já em cultivos a partir de mudas transplantadas, aproximadamente 80% do sistema radicular encontram-se nos primeiros 75 cm de profundidade (Brandão Filho et al., 2018).

Após a exposição à faixa de temperatura de 25 a 30°C durante o período de 3 a 4 dias, ocorre a emergência de radículas. Esta faixa de temperatura estimula a atividade da enzima endomananase, a qual degrada a parede celular para emissão das radículas. Se a temperatura for inferior, próxima à 15°C, a duração poderá aumentar para 9 dias. A ausência daquela faixa de temperatura no período de emergência de radículas pode ser substituída pelo uso de ácido giberélico (GA), o qual promoverá a síntese da enzima endomananase (Nick; Borém, 2016).

6. Desenvolvimento do caule

O pimenteiro constitui-se em um subarbusto ramificado, de caule lenhoso (semilenhoso), com ramos eretos, angulosos e pubescentes, podendo ultrapassar um metro de altura. Considerada uma planta arbustiva, de crescimento indeterminado, são necessários tutores para sua sustentação. Mínimos desarranjos térmicos ou luminosos, somados à nutrição, podem levar a desequilíbrios no desenvolvimento do pimenteiro, como ocorrer apenas o crescimento vegetativo, prejudicando o florescimento e a frutificação (Nick; Borém, 2016).

O pimenteiro, como as demais solanáceas, caracteriza-se por exigir termoperiodicidade, em uma faixa de 7 a 10°C. A temperatura ideal para manter a taxa de produção de matéria seca e sua melhor distribuição na planta é da ordem de 25 a 27°C durante o dia, e de 18 a 20°C à noite (Nick; Borém, 2016).

7. Desenvolvimento das folhas

O pimenteiro apresenta folhas simples, inteiras, de tamanho variado, oval-acuminadas, glabras e de coloração verde-escura.

É relatado que o crescimento lento do pimenteiro em comparação com outras solanáceas está relacionado sobretudo à baixa produção de área foliar. Plântulas de pimentão têm folhas mais espessas que de tomateiro, indicando maior tempo para atingir a mesma quantidade de área foliar. Em condições tropicais, recomenda-se a utilização de telas de sombreamento (de 25% a 50%) durante o período de desenvolvimento das mudas. Seu uso leva ao aumento da produção de área foliar; uma vez que, sob condições de sombreamento, as folhas tendem a ser mais finas, possibilitando o aumento da produtividade da cultura (Brandão Filho et al., 2018).

O crescimento é extremamente influenciado pela temperatura do ambiente, que afeta tanto a taxa de produção de matéria seca, quanto o particionamento da matéria seca para as folhas. A faixa de temperatura compreendida entre 20 e 22°C constitui-se na faixa ideal em relação à massa seca total da planta e à área foliar. Temperaturas diurnas menores que as temperaturas noturnas também são essenciais para o crescimento vegetativo. Baixas temperaturas durante o período de crescimento comprometem a produtividade por aumentar a espessura das folhas e reduzir a taxa de área foliar em relação à massa total da planta. Em condições tropicais e subtropicais, genótipos têm tolerado até 32°C (Nick; Borém, 2016).

Durante a formação de mudas, após a germinação e emergência das plântulas, a manutenção da temperatura no intervalo entre 25 e 30°C é essencial, pois no estágio de 2^a a 5^a

folha definitiva, sabe-se que a primeira flor está definida fisiologicamente (8° a 12° nó da planta estão definidas), prestes a produzir; representando o estágio em que a planta não deve passar por nenhum stress ambiental e/ou nutricional (Brandão Filho et al., 2018).

8. Efeitos de fatores ecológicos

8.1 Temperatura

Por se tratar de uma cultura termófila, a faixa de temperatura ideal está compreendida entre 16 e 28°C, sendo que cada estágio de desenvolvimento apresenta uma faixa adequada. Ao mesmo tempo, a cultura exige termoperiodicidade, sendo necessária uma diferença de temperatura diurna e noturna de 5-8°C ou de 7-10°C, de acordo com o genótipo utilizado. Temperaturas inferiores a 15°C provocam atraso ou bloqueiam o desenvolvimento da planta (Nick; Borém, 2016).

Como citado anteriormente, para a germinação, é mencionada como temperatura ótima aproximadamente 25°C. Para emergência do pimentão, a temperatura do solo ótima situa-se entre 25°C e 30°C, não germinando acima de 35°C e abaixo de 10°C (Pádua et al., 1984).

Para enraizamento, temperaturas de 25 a 30°C durante o período de 3 a 4 dias induzem emergência de radículas, pois esta faixa estimula a atividade da enzima endomananase, que degrada a parede celular para sua emissão. Se a temperatura for inferior a esta faixa, próxima à 15°C, a duração deste processo poderá aumentar para 9 dias. Temperaturas inferiores a 13°C são altamente prejudiciais ao crescimento do sistema radicular. As raízes crescem lentamente sob temperaturas iguais ou superiores a 30°C (Nick; Borém, 2016).

Como mencionado previamente, o crescimento vegetativo é altamente influenciado pela temperatura do ambiente, que afeta tanto a taxa de produção de matéria seca, quanto o particionamento dos carboidratos para as folhas. A temperatura ideal para manter a taxa de produção de matéria seca e sua melhor distribuição na planta é na faixa de 25 a 27°C durante o dia, e de 18 a 20°C durante a noite, com termoperiodicidade entre 7°C e 10°C. Baixas temperaturas noturnas (12°C) e diurnas (15°C) levam ao comprometimento do crescimento vegetativo da planta, impactando nos níveis de produtividade da cultura. A baixa temperatura leva ao aumento da massa foliar específica, reduzindo a razão da área foliar com o peso total da planta seca. Em condições tropicais e subtropicais, genótipos têm tolerado até 32°C. Temperaturas elevadas durante o período vegetativo, podem levar a planta a vegetar em excesso, provocando redução da produtividade (Nick; Borém, 2016).

Para o período de desenvolvimento dos frutos, temperaturas mais próximas a 21°C são mais indicadas. No período reprodutivo, temperaturas elevadas podem ocasionar abortamento

de flores e de frutos pequenos. A cultura do pimentão pode ser capaz de suportar altas temperaturas, porém com impactos na produção, levando ao aumento na proporção de frutos pequenos, coloração deficiente e aparição de podridão apical. Durante o período de florescimento, a temperatura deve estar entre 21°C e 27°C. Temperaturas noturnas devem se manter entre 18°C e 20°C, pois favorecem a boa formação dos frutos. Temperaturas noturnas de 8°C a 10°C após a antese, induzem à produção de frutos deformados. Após a floração, a temperatura noturna de 20°C acelera o crescimento dos frutos. As plantas que crescem sob alta temperatura noturna (de 18°C a 20°C), antes do florescimento e em baixa temperatura noturna, durante o desenvolvimento dos frutos, tendem a apresentar frutos com maior razão comprimento/diâmetro (Rylski, 1973). Baixas temperaturas antes da antese retardam o desenvolvimento dos frutos, sendo que, após a antese, incrementam o comprimento do fruto e o peso total (Lorentz, 2004). Como já exposto, a manutenção da temperatura no intervalo entre 25 e 30°C é essencial, pois nos estádios de 2ª a 5ª folha definitiva, sabe-se que a primeira flor está definida fisiologicamente (8º a 12º nó da planta estão definidas), prestes a produzir, representando os estádios em que a planta não deve passar por nenhum estresse ambiental e/ou nutricional (Brandão Filho et al., 2018).

8.2 Umidade relativa

Para o adequado desenvolvimento da cultura, o ideal é manter a umidade relativa em torno de 60 a 70%. Momentos do dia em que o ambiente se encontra fora da faixa ideal de umidade relativa do ar levam a redução da polinização, seja por desidratação do pólen ou por seu rompimento devido à absorção excessiva de água em ambiente com umidade relativa próxima à saturação. Conforme Rylski (1973), a viabilidade dos pólenes influi indiretamente no peso do fruto, o qual verificou que o peso de fruto apresenta alta correlação (0,96 a 0,99) com a quantidade de sementes. Valores baixos de umidade também podem causar a formação de frutos deformados e pequenos. Quando associadas a temperaturas elevadas, provocam a queda de flores e de frutos pequenos. Altos valores de umidade (superiores a 80%), favorecem a ocorrência de doenças dentro do ambiente protegido (Brandão Filho et al., 2018).

8.3 Radiação solar

O pimenteiro é classificado como planta neutra em relação ao fotoperíodo. No entanto, dias curtos são favoráveis ao florescimento, exigindo termoperiodicidade (Pádua et al., 1984).

Quando a radiação solar é muito baixa no período de floração, há um significativo aumento na taxa de abortamento de flores, o que pode ser agravado com a ocorrência simultânea de altas temperaturas.

Além disso, baixa radiação solar poderá ocasionar o estiolamento de plantas, aumentando a distância entre os entrenós e produzindo ramos finos, que muitas vezes são fracos para suportar a produção. A quantidade de flores além de diminuir, as plantas podem apresentar flores debilitadas, impactando negativamente na colheita. Sem o recebimento de quantidade de radiação solar apropriada durante seu desenvolvimento, os frutos tendem a não apresentar a coloração esperada ao amadurecer, reduzindo seu valor comercial (Brandão Filho et al., 2018).

O excesso de radiação também pode ser prejudicial. Sob condições de luminosidade excessiva, a produção total pode ser reduzida em 19% se comparada a plantas adequadamente sombreadas desde o transplante, e a produção comercial pode ser reduzida em 50% (Brandão Filho et al., 2018).

Em cultivo protegido, a utilização de telas de sombreamento e plásticos difusores, como polietileno de baixa densidade (PEBD) reduzem a incidência de escaldadura nos frutos, pois interceptam o excesso de radiação direta excessiva. Além disso, é importante a manutenção de quantidade de folhas nas plantas, as quais têm a função de sombrear o fruto (Nick; Borém, 2016).

A utilização do PEBD modifica a radiação solar global qualitativamente, transformando parte da irradiância solar direta em difusa, a qual é considerada mais eficiente no processo da fotossíntese por ser multidirecional e penetrar melhor entre as plantas, iluminando as camadas de folhas inferiores, levando ao aumento da fotossíntese e atingindo maiores produtividades em ambiente protegido (Nick; Borém, 2016).

9. Relações hídricas

Não diferente de grande parte das hortaliças, o pimenteiro é altamente sensível à deficiência e ao excesso de água no solo, com a quantidade de água ideal compreendida em uma faixa restrita. As plantas de pimentão apresentam maior sensibilidade ao déficit hídrico durante o florescimento, a formação e o desenvolvimento dos frutos (Griebler, 2019).

De acordo com Griebler (2019), a falta de água durante a floração pode causar redução na fixação dos frutos e, durante o início de frutificação, pode restringir a translocação de

cálcio, favorecendo o surgimento de frutos com podridão apical. Condições de déficit hídrico podem também acarretar problemas de escaldadura de frutos devido à redução da área foliar.

A cultura do pimentão é sensível tanto ao déficit quando ao excesso hídrico. A cultura é especialmente exigente em aeração, uma vez que é muito sensível à asfixia radicular (anoxia). Excessos de água podem levar ao apodrecimento do colo e raízes, assim como ao abortamento e a queda das flores (Lorentz, 2004). Pode ocasionar também maior severidade de doenças de solo, como a murcha de *Phytophthora*, causada pelo fungo *Phytophthora capsici*, e a murcha-bacteriana.

Oscilações hídricas, mesmo que não ocorra déficit hídrico, podem resultar em rompimento da parede externa do fruto, causando pequenas rachaduras. Dessa forma, deve-se manter a umidade do solo o mais uniforme possível, através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades (Brandão Filho et al., 2018).

10. Solos, nutrição e micorrizas

A cultura do pimentão não se desenvolve adequadamente em solos compactados, mal drenados, rasos ou salinos, devido principalmente à alta sensibilidade de suas raízes. Os solos mais indicados para seu cultivo devem ser profundos, leves, bem drenados e não sujeitos a encharcamentos. Como já mencionado, excessos de água podem levar ao apodrecimento do colo e raízes, assim como ao abortamento e a queda de flores e favorecer o agravamento de doenças causadas por fitopatógenos de solo (Lorentz, 2004).

Considerando que o pimenteiro não se desenvolve bem em solos muito pesados ou compactos, os solos mais recomendados são de textura média, ricos em matéria orgânica, com pH entre 5,5 e 6,8, devendo-se evitar solos argilosos. Pode também ser cultivado em solos arenosos, desde que tenha teores consideráveis de matéria orgânica. Solos com alta salinidade não são recomendados, pois o pimentão é uma hortaliça moderadamente sensível. A salinidade medida a 25°C no solo deve estar abaixo de 0,35 dS/m, pois acima deste valor, compromete-se a produtividade da cultura do pimentão (Nuez et al., 1996).

A cultura é muito exigente em relação à nutrição, requerendo em termos de importância de nutrientes primários em ordem decrescente (com destaque para o Ca como o segundo nutriente mais exportado pela cultura): K, Ca, N, Mg, S e P; e de micronutrientes: boro, manganês, cobre e zinco em pequenas quantidades (sendo comum casos de toxicidade quando aplicados em excesso) com adubações corretivas, de acordo com as demandas da cultura. Alguns autores afirmam que N e K são os macronutrientes mais absorvidos, seguidos

em ordem decrescente por: Ca, Mg, S e P. Abaixo, mais detalhes em relação aos macronutrientes.

10.1 Potássio

O potássio participa como catalisador de diferentes reações enzimáticas. Está relacionado também com a abertura e fechamento dos estômatos e com o processo de síntese, acúmulo e transporte de carboidratos. Sua deficiência leva a produção de frutos de baixa qualidade, com maturação desuniforme e menor teor de sólidos solúveis (Silva, 2013).

10.2 Cálcio

O cálcio está envolvido com o crescimento radicular, crescimento e desenvolvimento dos frutos, além de desempenhar funções na estrutura de membranas e parede celular. Sua deficiência pode acarretar deformidades nos frutos conhecidas como podridão estilar, podridão apical ou fundo preto. Mesmo em situações com suprimento de cálcio adequado no solo, baixa umidade relativa e altas temperaturas podem levar à deficiência nas plantas devido à não redistribuição via floema e intenso transporte via xilema para as folhas com o aumento da transpiração nestes casos, em detrimento dos frutos. Isto acontece porque há uma maior superfície de transpiração nas folhas comparada aos frutos. Altas doses de nitrogênio em condições de altas temperaturas e baixa umidade relativa também podem levar à sintomas de deficiência de cálcio em frutos, pois o deslocamento de cálcio para as folhas também aumenta em relação aos frutos (Silva, 2013).

10.3 Nitrogênio

Nitrogênio é um dos elementos mais exigidos pela cultura do pimentão, sendo um dos constituintes de proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, hormônios, entre outros. É relatado correlação positiva em relação ao crescimento vegetativo, altura, quantidade e área foliar, quantidade e peso de frutos. Sua deficiência pode levar a redução ou paralisação do crescimento, baixa fixação de frutos e maturação precoce. Quando em excesso, pode levar ao abortamento de flores (Silva, 2013).

10.4 Magnésio

O magnésio participa da ativação de enzimas que estão envolvidas na fotossíntese, respiração, síntese de DNA/RNA e constitui parte da molécula de clorofila. Sua deficiência

gera redução da atividade fotossintética, comprometendo a produção de frutos. O excesso de cálcio e potássio pode levar à deficiência de magnésio (Nick; Borém, 2016).

10.5 Enxofre

O enxofre faz parte de alguns dos aminoácidos que constituem as proteínas (cisteína e metionina), além de contribuir para a estrutura terciária de proteínas (pontes de S). Sua deficiência se manifesta por sintomas de clorose inicialmente em folhas jovens (Nick; Borém, 2016).

10.6 Fósforo

O fósforo está envolvido na respiração, na transferência de energia na célula e na fotossíntese, além de constituir ácidos nucleicos, coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídeos. É absorvido em baixa quantidade pelas plantas de pimentão, mas possui respostas positivas em produtividade da cultura. Sua deficiência resulta em menor crescimento, folhas velhas com coloração verde-escura, abortamento de flores, amarelecimento de pedúnculos e cálices, entrenós curtos e folhas com aspecto quebradiço (Silva, 2013).

11. Fotossíntese

Como citado anteriormente, altas temperaturas e baixa luminosidade impactam na taxa de translocação de auxina no pedicelo floral, gerando produção de etileno, o qual provocará o aborto de flores e frutos, a conversão da sacarose translocada para açúcares redutores nas gemas florais e a inibição da atividade da invertase ácida nas gemas. Nestas condições, as folhas adultas retêm mais assimilados em vez de translocá-los para os frutos, podendo induzir a produção de frutos partenocárpicos. Temperaturas e luminosidade baixas por um período longo também impedem a fecundação normal, gerando abortamento de flores ou frutos partenocárpicos (Nick; Borém, 2016).

12. Florescimento

As flores do pimenteiro são monoicas e preferencialmente autógamas. Como já mencionado anteriormente, apesar de serem plantas que apresentam autofecundação, pode ocorrer certo nível de polinização cruzada (Almeida, 2012).

Como já exposto, o pimenteiro é classificado como planta neutra em relação ao fotoperíodo. No entanto, dias curtos são favoráveis ao florescimento, exigindo

termoperiodicidade, com variação de temperatura entre dia e noite de 7 a 10°C (Pádua et al., 1984).

As plantas apresentam flores hermafroditas, cuja abertura ocorre com maior frequência durante as três primeiras horas do dia e permanece aberta por 1 a 3 dias. A taxa de polinização cruzada, segundo Casali e Couto (1984), pode variar de 0,5 a 36%, sendo influenciada principalmente pelo comprimento do estilete e pela presença de insetos polinizadores.

A receptividade de estigmas é fortemente influenciada pela temperatura. De acordo com Wien (2002), os estigmas permanecem receptivos na faixa de 28°C durante o dia e 18°C durante a noite, por três dias.

Altas temperaturas e baixa luminosidade impactam na taxa de translocação de auxina no pedicelo floral, gerando produção de etileno, o qual provocará o aborto de flores e frutos, a conversão da sacarose translocada para açúcares redutores nas gemas florais e a inibição da atividade da invertase ácida nas gemas. Nestas condições, as folhas adultas retêm mais assimilados em vez de translocá-los para os frutos, podendo induzir a produção de frutos partenocárpicos. Temperaturas e luminosidade baixas por um período longo também impedem a fecundação normal, gerando abortamento de flores ou frutos partenocárpicos (Nick; Borém, 2016).

O sistema de ramificação de *Capsicum* segue um único modelo de dicotomia, sendo iniciado quando a plântula atinge 15 a 20 cm de altura. Os cultivares geralmente produzem uma flor terminal após formar oito a dez folhas no caule principal, surgindo dois ramos nesse ponto, dando origem aos ramos produtivos. Estes ramos vão terminar novamente em uma flor, ramificando-se mais uma vez. O número de nós até a ocorrência da primeira flor é influenciado sobretudo pelas temperaturas noturnas. Quando a planta é submetida a temperaturas noturnas de 10°C, ocorre um aumento de uma a duas folhas no caule principal. (Brandão Filho, 2018).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

Para o zoneamento da cultura do pimentão no estado de Santa Catarina, foi reportada uma simulação realizada pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI/CIRAM), onde foram utilizados dados de 26 estações agrometeorológicas, com períodos de observação variáveis de 10 a 30 anos. Os índices utilizados para delimitar as regiões de aptidão do pimentão foram determinados por meio de revisão bibliográfica

juntamente com as respostas biológicas observadas por técnicos da Epagri, no período de 1970 a 2000. Para se chegar aos períodos favoráveis de semeadura, os índices adotados foram calculados decendialmente. O ciclo total da cultura foi fixado como sendo de 160 dias (16 decêndios) e a média das temperaturas médias durante o ciclo utilizadas foram igual ou superior a 17,5°C e inferior ou igual a 27,5°C, sem geadas durante o ciclo. Os períodos favoráveis para o estado de Santa Catarina foram resumidos da Figura abaixo:

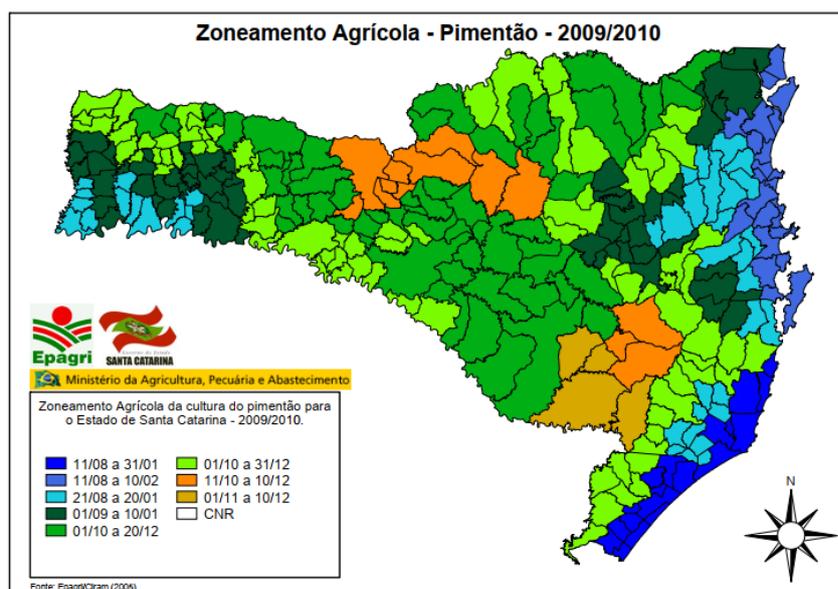


Figura 1. Zoneamento Agrícola - Pimentão - 2009/2010 (Adaptado de EPAGRI/CIRAM, 2005).

14. Estratégias para altas produções

O aumento global da concentração de CO₂ atmosférico em cultivos protegidos de pimentão pode ser uma estratégia para altas produções, uma vez que o enriquecimento com CO₂ quase sempre aumenta a produção de biomassa em plantas C₃, devido ao aumento da fotoassimilação. Alguns estudos indicam que plantas C₃ podem apresentar maior eficiência na fixação de carbono pela rubisco (Hocking; Meyer, 1991).

O carbono representa aproximadamente 45% da matéria seca dos vegetais, constituindo-se como um dos seus principais componentes químicos. A principal fonte de carbono é o CO₂ atmosférico, absorvido pelas plantas através dos estômatos, o qual é fixado e transformado em açúcares. De acordo com Chmora e Mokronosov (1994), a concentração naturalmente observada de CO₂ na atmosfera, em torno de 367 μmol CO₂ por mol de ar, é considerada muito baixa para a máxima fotossíntese em plantas C₃.

O aumento da concentração de CO₂ normalmente aumenta a fotossíntese das plantas C₃. O nível deste crescimento se correlaciona com as condições de temperatura

observadas. O aumento da temperatura leva ao crescimento da atividade fotossintética até uma temperatura ótima, decrescendo rapidamente com temperaturas maiores que a ótima. A temperatura ótima para a fotossíntese varia na faixa de 20°C a 30°C para a maioria das plantas, de acordo com seu o estágio de desenvolvimento, sendo menor na fase de maturação (Acock et al., 1990).

O uso de LEDS em cultivos protegidos de pimentão também pode representar uma estratégia para altas produções, uma vez que em testes usando LEDs em pimentão, a produção cresceu 16%. Este crescimento foi atribuído a maior quantidade de frutos, apresentando melhor qualidade também. Diferentes aspectos foram favorecidos, como maior quantidade de carotenoides e antioxidantes (Guo et al., 2016).

As altas temperaturas podem ser prejudiciais ao pimentão, resultando na redução da produção e no aumento da incidência de desordens nos frutos, como podridão apical e escaldadura. Telas de sombreamento são usadas para modificar o microambiente da cultura, melhorando o crescimento e a produção das plantas. Días-Perez (2014), verificou um aumento na produtividade total de frutos comerciais com o aumento do nível de sombreamento até o nível de 35% de sombra; sendo desfavorecida com aumento do sombreamento além deste valor. Em relação às plantas sem sombreamento, a produtividade de frutos comercializáveis apresentou um aumento de 119% (2008) e 43% (2009 e 2010) com 35% sombreamento. O número de frutos com escaldadura diminuiu com o aumento do nível de sombra. ‘Camelot’ produziu o maior número de frutos e teve a maior produtividade de frutos comerciais. As concentrações de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) dos frutos aumentaram e as concentrações de alumínio (Al), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) diminuíram com o aumento do nível de sombra. ‘Lafayette’ teve a maior concentração de N, cálcio (Ca), enxofre (S), manganês (Mn) e zinco (Zn) nos frutos. Os sólidos solúveis e a porcentagem de peso seco dos frutos diminuíram com o aumento do nível de sombra. Os efeitos benéficos do sombreamento no pimentão foram associados a uma redução na irradiação, temperatura do ar e temperatura do solo sob condições de sombreamento, resultando na diminuição do estresse térmico nas plantas. O nível de sombra ideal para a produção máxima de frutos foi aquele que maximizou o efeito de resfriamento resultante da redução da radiação infravermelha (IR) e que minimizou a diminuição da fotossíntese líquida resultante da redução da radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

15. Efeitos de reguladores vegetais

Como exposto anteriormente, a ausência de uma faixa de temperatura (de 25° a 30°C) que favorece a atividade de degradação da parede celular para emissão das radículas, promovida pela enzima endomananase, pode ser substituída pelo uso de ácido giberélico (GA), o qual promoverá a síntese desta enzima (Nick; Borém, 2016).

Além disso, há outros efeitos positivos do uso de ácido giberélico relatados em literatura. De acordo com Lucchesi et al. (1982), o ácido giberélico tem a capacidade de induzir expansão celular e crescimento do fruto; atuando ainda nos processos de fotossíntese, respiração, transpiração e mobilização de nutrientes.

Segundo Lucchesi et al. (1982), o GA também pode aumentar o nível de auxina, pois pode transportar auxinas para o seu local de ação. De acordo com o mesmo autor, a auxina pode aumentar a plasticidade celular, o que causa redução do potencial de parede que consequentemente influi nas forças osmóticas no interior do vacúolo, promovendo o influxo de água e expansão celular. O mesmo autor afirma que a plasticidade da parede é uma deformação, provavelmente causada devido à quebra de pontes de união entre as microfibrilas de celulose da parede celular. Este autor também relata que o ácido giberélico pode estimular a formação de enzimas proteolíticas, e estas poderiam liberar triptofano que é o precursor biológico do ácido indolilacético (IAA). Em ensaio com plantas de pimentão, a aplicação de 10 ppm de GA, uma semana após o transplante, resultou em maior produção, maior peso médio do fruto e relativa precocidade; já a dose de 40 ppm em seis aplicações consecutivas, resultou em uma produção mais tardia e em menor produtividade, com as plantas mostrando maior desenvolvimento vegetativo (Lucchesi et al., 1982).

O uso de chlormequat foi relacionado a efeitos benéficos em cultivo de pimentão segundo alguns autores. Castro et al. (1982) observaram que o uso de sombreamento e aplicação de chlormequat (250 ppm), 14 dias após o transplante, tiveram efeitos favoráveis no desenvolvimento e produção em plantas de pimentão 'Ikeda'. Esses autores também verificaram que diferentes formas de aplicação de chlormequat em plantas de pimentão 'California Wonder' causaram redução na altura das plantas, aumento na quantidade de hastes e folhas e aumento na massa seca da parte vegetativa das plantas. Castro et al. (1982) notaram também aumento na fixação dos frutos de pimentão, precocidade e maior produção em plantas de pimentão submetidas à aplicação de chlormequat. O regulador vegetal também promoveu aumento da qualidade dos frutos, que apresentaram maior massa fresca/seca, maiores dimensões e maior conteúdo de ácido ascórbico, resultando em redução na acidez.

Aumentos na produção de frutos de pimentão também foram observados com a aplicação de ácido naftalenacético, clorofeurenol, ethephon e Atonik em alguns ensaios experimentais.

Castro et al. (1982) pulverizaram por duas vezes, antes da florescência, plantas de pimentão com ácido naftalenacético (NAA 50 ou 75 ppm) e ácido beta-naftoxiacético (BNOA 20 ou 40 ppm); e somente uma vez com ácido giberélico (10 ppm), ácido clorofenoxiacético (CPA 40 ppm), 2,4-D (10 ppm) e 2,4,5-T (10 ppm). NAA, BNOA e 2, 4, 5-T aumentaram a produção, enquanto o CPA produziu efeitos inversos. BNOA e 2,4,5-T também elevaram o conteúdo de água, fósforo e ácido ascórbico nos frutos, diminuindo o teor de açúcares. O tratamento com CPA aumentou o nível de açúcares, reduzindo o teor de água e de fósforo. Esses autores notaram que a aplicação de ácido naftalenacético (20 ppm), 10 dias após o transplante das plantas de pimentão, aumentou a produção em aproximadamente 6% no cultivar 'Local Blue' e aproximadamente 133% em 'Kantari'. Esses autores também observaram que a aplicação de ácido naftalenacético (200 ppm) em plantas de pimentão promoveu florescimento precoce e maior fixação, além de maior tamanho e produção de frutos.

Castro et al. (1982) notaram que a aplicação de cloroflurenol em plantas de pimentão 'Jawala' levou à redução da dominância apical, diminuindo o crescimento da haste principal e a área foliar, aumentando o crescimento e a quantidade de ramos laterais, além de reduzir o desenvolvimento e o número de estames. Ocorreu diminuição no tamanho, viabilidade e germinação dos grãos de pólen. Cloroflurenol causou aumento na fixação dos frutos até a concentração de 150 ppm, acompanhado por aumento na produção. Também gerou a ocorrência de frutos partenocárpicos.

Castro et al. (1982), observaram que a aplicação de ethephon (250 ppm), em condições de campo, aumentou a proporção de frutos vermelhos de pimentão. Esses autores notaram que o ethephon pode aumentar a fixação de frutos de pimentão, além de incrementar a produção e a qualidade dos frutos. Foi observado que o regulador vegetal promoveu aumento nas dimensões e na massa fresca e seca dos frutos, além de elevar o de ácido ascórbico e reduzir a acidez.

A aplicação de Atonik (0,5 ml/L) em pós-fixação dos frutos demonstrou uma tendência no aumento na quantidade e peso de frutos de pimentão híbrido 'Tanebrás' (Castro et al., 1982).

16. Senescência e aproveitamento de resíduos

A senescência constitui-se em uma série de processos que ocorrem após a maturidade fisiológica e que levam à morte dos tecidos vegetais. Após a colheita, os frutos continuam sua ontogenia, respirando, transpirando e produzindo etileno. Com isso, ocorrem alterações na composição de água, açúcares, ácidos e sais minerais; amadurecendo e se tornando um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos.

O pimentão é considerado um fruto não climatérico, que apresenta um contínuo decréscimo nas taxas de respiração durante o crescimento e maturação, independente do estágio de desenvolvimento em que foram colhidos. As taxas de produção de etileno e de dióxido de carbono são mais elevadas nos estádios iniciais de crescimento, e decrescem até o completo amadurecimento do fruto na planta. Como os frutos são considerados não climatéricos, é necessário que haja técnicas para que haja alteração em sua coloração e uma das alternativas é a utilização de ethephon.

Para que ocorra a maturação dos frutos do pimentão, ocorrem vários mecanismos fisiológicos, conforme Figura 2 apresentada por Lana (2017).

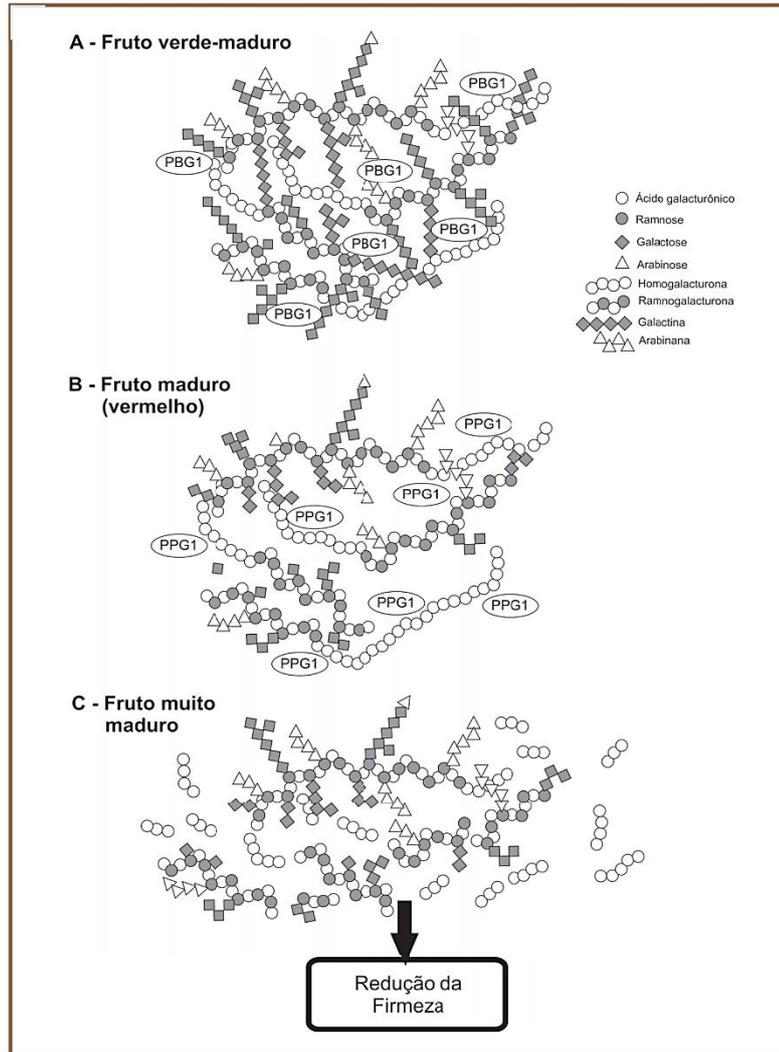


Figura 2. Modelo proposto para o amaciamento de fruto de pimentão durante o amadurecimento. De A para B: quando o fruto passa do estágio verde maduro para maduro (vermelho), a expressão de β -galactosidase (PBG1) aumenta acentuadamente. Resíduos de galactose unidos à ramnogalacturon são hidrolizados por PBG1. Como resultado, ocorre alteração da estrutura da pectina e o aumento de resíduos de galactose hidrolisada livre no citosol. Estes eventos resultam em alterações no metabolismo de carbono, na firmeza do fruto e na expressão de endopoligalacturonase (PPG1). De B para C, quando o fruto passa de maduro para muito maduro, o nível de expressão de PPG1 aumenta acentuadamente e o esqueleto de homogalacturonana é parcialmente hidrolisado por PPG1 (Adaptado por Lana, 2017).

Referências

ACOCK, B.; ACOCK, M.C.; PASTERNAK, D. Interactions of CO₂ enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 115, n. 4, p. 525-529, 1990.

ALMEIDA, D.F. **Efeitos do extrato de *Agrostemma githago* L. no cultivo de pimentão no Estado do Amazonas**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

BIANCHETTI, L.B.; CARVALHO, S.I.C. Subsídios à coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum*. In: WALTER, B.M.T.; CAVALCANTI, T.B. (Ed.). **Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal**. Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2005. p. 355-385.

BRANDÃO FILHO, J.U.T. et al. (Org.). **Hortalças-fruto**. Maringá: EDUEM, 2018. 535 p.

CARVALHO, C. **Maturação e caracterização morfoanatômica, fisiológica e bioquímica de sementes de pimentão**. 2014. 137 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A.A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 113, p. 8-10, 1984.

CASTRO, P.R.C. e. et al. Efeitos de estimulante vegetal na produtividade de *Capsicum annuum* L. e *Solanum melongena* L. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 39, n. 1, p. 287-304, 1982.

CHMORA, S.N.; MOKRONOSOV, A.T. The global increase of CO₂ in atmosphere: adaptive strategies in plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, Moscow, v. 41, n. 5, p. 768-778, 1994.

DÍAZ-PÉREZ, J. Bell pepper (*Capsicum annuum* L.) crop as affected by shade level: fruit yield, quality, and postharvest attributes, and incidence of Phytophthora blight (caused by *Phytophthora capsici* Leon.). **HortScience**, St. Joseph, v. 49, n. 7, p. 891-900, 2014.

GRIEBLER, D.B. **Aspectos biométricos do pimentão irrigado com diferentes lâminas de irrigação**. 2019. 37 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

GUO, X. et al. Effect of LED interlighting combined with overhead HPS light on fruit yield and quality of year-round sweet pepper in commercial greenhouse. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON LIGHT IN HORTICULTURE, 8., 2016 **Annals...** p. 71-78.

HOCKING, P.J.; MEYER, C. P. Effects of CO₂ enrichment and nitrogen stress on growth, and partitioning of dry matter and nitrogen in wheat and maize. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 18, n. 4, p. 339-356, 1991.

LANA, M.M. **Fisiologia e manuseio pós-colheita de pimentão**. Brasília: EMBRAPA, 2017. 74 p.

LORENTZ, L.H. **Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica, relacionada com técnicas experimentais**. 2004. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

LUCCHESI, A.A.; MINAMI, K.; YANG, W.M. Influência do ácido giberélico no desenvolvimento, produção e qualidade do fruto em cultura de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 5, n. 1, p. 40-44, 1982.

NICK, C.; BOREM, A. **Pimentão: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2016, 204 p.

NUEZ, F.; ORTEGA, R.G.; COSTA, J. **El cultivo de pimientos: chiles y ajies**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 607 p.

PÁDUA, J.G.; CASALI, V.W.D.; PINTO, C.M.F. Efeitos climáticos sobre pimentão e pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 113, p. 31-34, 1984.

RYLSKI, I. Effect of night temperature on shape and size of sweet pepper. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 98, n. 2, p. 149-152, 1973.

SILVA, A.Z. **Sintomas de deficiências de macronutrientes em pimentão**. 2013. 39 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2013.

WIEN, H.C. Peppers. In: WIEN, H.C. (Ed.). **The physiology of vegetable crops**. Ithaca: CABI International, 2002. p. 259-293.

QUIABO



QUIABO

(*Abelmoschus esculentus*)

Artur Bernardeli Nicolai

1. Origem e distribuição geográfica

O quiabo, fruto do quiabeiro, além de ser de origem africana, é atualmente cultivado em diversas regiões do mundo por conter frutos comestíveis que possuem alto teor nutritivo, além do fato de que no Brasil é encontrado principalmente na região Sudeste, com destaque para o estado de São Paulo (Martinez, 2012), mas pode ser ainda realizado em várias regiões tropicais, subtropicais e regiões temperadas do mundo.

A cultura faz parte da Família das Malvaceae. O gênero *Abelmoschus* compreende cerca de 10 espécies conhecidas. Dentre elas, duas são cultivadas por seu fruto, *Abelmoschus esculentus* L. e *Abelmoschus caillei*; uma é cultivada por suas folhas, *Abelmoschus manihot*; e outra por suas sementes, *Abelmoschus moschatus* (Lima et al., 2015).

Existem incertezas quanto ao centro de diversidade da origem do quiabeiro. Alguns pesquisadores afirmam ser na Índia, pois uma de suas espécies é originária de UttarPradesh, *Abelmoschus tuberculatus*. Entretanto, não existe nenhum nome em sânscrito, e os primeiros botânicos na Índia não fizeram nenhuma menção à planta (Lima et al., 2015).

2. Classificação botânica

Tabela 1. Classificação Botânica do quiabeiro (Adaptado de Montenegro, 2018).

Classificação	Denominação
Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Malvales
Família	Malvaceae
Gênero	Abelmoschus
Espécie	<i>Abelmoschus esculentus</i>

A família Malvaceae é bastante diversificada, sendo constituída por exemplares de vários hábitos herbáceos, subarbustos, arbustos, árvores e lianas, com canais mucilaginosos e indumento constituído normalmente de pelos ramificados ou escamosos. Apresentam também em seus constituintes uma característica marcante, a presença de estípulas (Montenegro, 2018). Está apresentada na Tabela 1 a classificação botânica da cultura do quiabeiro.

3. Morfologia e anatomia

O quiabeiro é uma cultura de ciclo anual, com boa adaptação ao clima tropical, cultivada com frequência no nordeste brasileiro, mas que se expandiu facilmente no Brasil, principalmente nos estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Sergipe. Na culinária brasileira é bastante aceitável, e é muito consumido no estado de Goiás, por ser um prato típico da região (Filgueira, 2008).

Segundo Galati (2010), a planta apresenta porte arbustivo e ereto, caule semilenhoso, podendo atingir até três metros de altura, o sistema radicular é profundo, sendo que sua raiz pivotante pode atingir até 1,90 m de profundidade. Porém, a maior parte das raízes localiza-se até 20 cm de profundidade (Filgueira, 2008). As folhas apresentam limbo recortado, são grandes, lobadas e com pecíolos longos e suas flores são hermafroditas, podendo gerar frutos do tipo cápsula, piloso, roliço que apresentam seção transversal circular ou pentagonal (Aguilar, 2011).

As flores são grandes e vistosas, com 5 a 8 cm de diâmetro quando abertas. As pétalas são de coloração amarelo-clara com o centro vermelho escuro, sendo que as flores do quiabeiro se abrem pela manhã e a polinização é predominantemente entomológica, ou seja, é feita por insetos, sendo que os principais agentes são a formiga lava-pé, a vespa selvagem e as abelhas irapuãs. Após a fecundação, a flor murcha rapidamente (Minami et al., 1997).

Trata-se de uma hortaliça de alto valor nutricional, apresenta elevado teor de água, fibras, pigmentos, vitamina A e C, vitaminas do complexo B, cálcio, ferro, sais minerais e carboidratos. Esta cultura além do uso culinário, também apresenta propriedades medicinais e terapêuticas, sendo utilizada no tratamento de bronquite e problemas pulmonares (Gonçalves, 2009).



Figura 1. Diagrama esquemático de uma planta de quiabeiro (Adaptado de Minami et al., 1997).



Figura 2. Caule, hastes, folhas, frutos e flores do quiabeiro (Adaptado de Reddy, 2020).



Figura 3. Folhas do quiabeiro (Adaptado de Reddy, 2020).

A semente de quiabeiro é de cor acinzentada, de consistência dura, e possui forma arredondada, com estrofíolos na face lateral da base. Mede cerca de 5 a 5,5 mm de comprimento por 4 a 4,5 mm de espessura ou largura (Medina et al., 1972).



Figura 4. Semente do quiabeiro (Adaptado de Martinelli, 2007).

Segundo dados do Centro de Qualidade em Horticultura - CEAGESP (2001), o quiabo brasileiro pode ser classificado de acordo com seu formato em cilíndrico ou quinado, como subgrupo em verde ou roxo e possui comprimento que varia de 6 a 15 cm, com média de 11,7 cm. O quiabo é um fruto simples, seco, indeiscente, do tipo cápsula loculicida. O quiabo fresco é um fruto imaturo. Os grupos, subgrupos, morfologia e classe (comprimento), encontram-se relacionados nas Figuras 5, 6, 7 e 8.



Figura 5. Cores características do fruto de quiabo (Adaptado de CEAGESP, 2001).

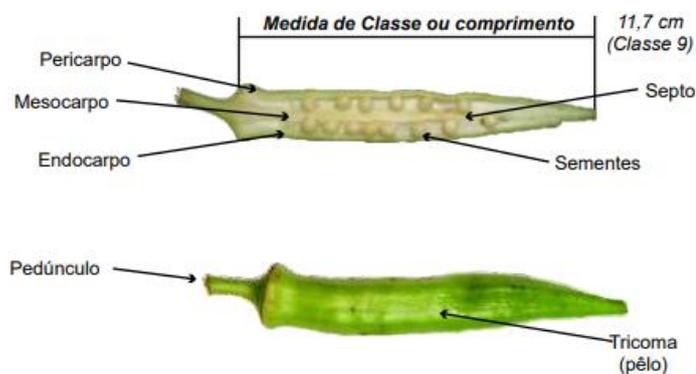


Figura 6. Morfologia do quiabo (Adaptado de CEAGESP, 2001).



Grupos varietais	Formato	Aparência externa	Coloração da casca
Santa Cruz	Cilíndrico	Lisa	Verde
Roxo	Quadrado	Rugosa	Roxo
Híbrido	Cilíndrico	Lisa	Verde-escura

Figura 7. Principais grupos varietais de quiabo comercializados na CEAGESP (Adaptado de CEAGESP, 2021).

8. Germinação e propagação

Normalmente, o cultivo do quiabeiro é realizado sob sistema plantio direto, em que se utiliza de cinco a oito sementes por cova, de acordo com as recomendações técnicas para o estado de São Paulo (Jorge et al., 1990), consumindo assim cerca de 4 a 8 kg de sementes/ha, o que é considerado um grande gasto de sementes, ocorrência que se justifica pela dormência que as sementes da cultura apresentam, devido à impermeabilidade do tegumento (Medina, 1971), sendo que este fator ainda promove uma germinação desuniforme e demorada. Esse fato é acentuado quando a semente possui menos de 12% de umidade, o que pode ocorrer quando é submetida a um período de secagem muito prolongado ou armazenamento em local com umidade relativa inferior a 60% (Minami et al., 1997).

Um dos problemas mais frequentes neste cultivo é a presença de sementes duras, que ocorre durante a germinação, resultando em uma população final de plantas desuniforme e redução na produtividade. As sementes duras são caracterizadas por apresentarem uma camada impermeável à água e ao oxigênio, necessários para a germinação (Medina, 1971). Isso exige a semeadura de grandes quantidades de sementes e posteriormente, após a emergência das plântulas, a necessidade de ser realizado desbaste (Minami et al., 1997), resultando no aumento dos gastos financeiros durante o processo produtivo, além de gerar um estande desuniforme e diminuição na produtividade (Modolo; Tessarioli Neto, 1999).

Certos cultivares apresentam uma maior porcentagem de sementes duras, à medida que os frutos permanecem por mais tempo na planta em condições de campo (Viggiano, 1991). Possuindo hábito de crescimento indeterminado, a cultura apresenta florescimento,

frutificação e maturação de sementes de forma progressiva na haste principal e nos ramos laterais, ao longo do ciclo (Setúbal, 1998).

Estudando os cultivares Santa Cruz 47 e Campinas - 2, Setúbal (1987), verificou que quando os frutos são mantidos na planta após atingirem a maturação morfológica, além da redução na produtividade, ocorre também uma diminuição na qualidade das sementes, aumentando significativamente a quantidade de sementes duras.

Outro fator que pode influenciar na qualidade das sementes em espécies de frutos carnosos é que, mesmo após a colheita, as sementes continuam o seu amadurecimento caso não o tenham completado no campo, atingindo níveis máximos de germinação e vigor (Castro et al., 2008).

O quiabeiro é uma cultura propagada por meio de sementes, sendo que normalmente seu cultivo é realizado no sistema de plantio direto, mesmo assim a cultura é considerada uma espécie intermediária com 4 a 19% de polinização cruzada, com flores facilitando o processo de cruzamento pelo fato de serem amarelas e grandes, medindo cerca de 4 a 8 cm de diâmetro, a antese ocorre com maior frequência durante a manhã, entre 06:00 e 10:00 (Costa et al., 2017).

9. Efeitos de fatores ecológicos

A cultura tem um bom desenvolvimento sob temperaturas entre 18 e 35°C, sendo que a faixa ótima para germinação das sementes é entre 20 e 30°C (Zanin, 1990; Filgueira, 2000).

O quiabeiro é uma cultura intolerante ao frio e necessita temperaturas mais altas para se desenvolver e produzir frutos. Em condições de temperaturas baixas, há retardamento na germinação e emergência das plântulas, fato que prejudica o crescimento, a floração e a frutificação (Filgueira, 2008). Sedyama et al. (2009), consideram que a temperatura ideal para o melhor desenvolvimento do cultivo do quiabeiro está na faixa de 21,1 a 29,4°C.

De acordo com EMBRAPA (1982), para a cultura do quiabo, a umidade do solo não deve ser inferior a 65% da capacidade de campo.

O fotoperíodo é um dos fatores ecológicos que pode influenciar o florescimento da cultura do quiabeiro. Segundo Pereira et al. (1971), à medida que se aumenta o comprimento do dia, há um aumento no número de dias entre a sementeira e o florescimento, passando de 61,1 dias em condições de 8 horas de luz para 79 dias sob 14 horas de luz, porém Churata-Masca (1975) concluiu que à medida que se aumenta o fotoperíodo aumenta também o número de folhas para a indução floral.

10. Relações hídricas

Em suas pesquisas, Costa (2014), considerou baixa a demanda hídrica do quiabeiro. Mesmo assim, é interessante manter um bom controle no fornecimento de água para a cultura, pelo fato de que o quiabeiro é suscetível a uma série de doenças que surgem devido à alta umidade e da alta temperatura, o que pode causar grandes prejuízos ao produtor. A cultura do quiabo pode ser atacada por pragas e doenças, sendo a doença mais comum o mofo branco, causado pela *Sclerotinia sclerotiorum* (Fischer et al., 2014).

Ao avaliar o desempenho do quiabo sob o sistema de irrigação por gotejamento, Jayapiratha (2010), constatou que o consumo de água foi reduzido em 60% pela adoção desse sistema, o que pode ser uma boa alternativa para evitar um fornecimento de água excessivo e resultar na ocorrência de doenças.

Nesse contexto, Costa (2014), analisou a cultura do quiabo submetida a diferentes lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação em tanque Classe A (ECA), e verificou que a lâmina de irrigação que obteve maior eficiência do uso da água foi de 72,75% da ECA, produzindo 49,602 kg mm⁻¹ de água aplicada.

11. Solos e nutrição

O quiabo não é uma cultura muito exigente quando se trata do tipo de solo, visto que o mesmo produz bem em solos areno-argilosos, argilosos, argilo-arenosos, mas não suporta acidez elevada, sendo que o pH ideal para seu cultivo varia entre 6,0 e 6,8 (Costa, 2014).

De acordo com Trani et al. (1997), a recomendação para calagem é elevar a saturação por bases a 80% e o teor de magnésio do solo ao mínimo de 9 mmol/dm³; para adubação orgânica utilizar de 40 a 60 t/ha de esterco de curral curtido, ou a quarta parte no caso de esterco de galinha. Para adubação mineral o autor recomenda aplicar de 80 a 120 kg/ha de N e 40 a 80 kg/ha de K₂O, parcelando em três vezes, aos 20, 40 e 60 dias após a emergência das plântulas.

Tabela 2. Recomendação de adubação mineral (Adaptado de Trani et al. (1997)).

Nitrogênio	P resina, mg/dm ³			K ⁺ trocável, mmolc/dm ³		
	0-25	26-60	>60	0-1,5	1,6-3,0	>3,0
N, kg/ha	P ₂ O ₅ , kg/ha			K ₂ O, kg/ha		
40	360	180	120	180	120	60
	B, mg/dm ³			Zn, mg/dm ³		
	0-0,20	>0,20		0-0,5	>0,5	
	B, kg/ha			Zn, kg/ha		
	1	0		3	0	

Diversos autores relatam a salinidade como um grande fator limitante para a cultura do quiabeiro. Nobre et al. (2013) e Ayers e Westcot (1999), relatam que plantas cultivadas em condições de salinidade podem ter o desenvolvimento comprometido, por conta do efeito osmótico, que reduz a absorção de água pela planta e/ou em função do efeito específico dos íons que causam distúrbios funcionais e injúrias principalmente nas folhas, afetando assim, o metabolismo das plantas. Soares et al. (2007), afirmam que os sais reduzem a disponibilidade da água para as plantas, resultando no desequilíbrio nutricional e queda na produção das culturas mais sensíveis.

O nitrogênio é essencial para as plantas, sendo que o uso de fertilizantes nitrogenados resulta em crescimento e aumento na produtividade (Taiz; Zeiger, 2013), além disso, pode reduzir os efeitos da salinidade nas culturas (Flowers, 2001). Esse efeito ocorre por conta da ação do nitrogênio nas plantas, como função estrutural, fazer parte de vários compostos orgânicos vitais para o vegetal, como aminoácidos, proteínas, clorofila, ácidos nucleicos (Taiz; Zaiger, 2013), além de importantes biomoléculas, como ATP, NADH, NADPH e inúmeras enzimas (Harper, 1994). Esses compostos orgânicos podem elevar a capacidade de ajustamento das plantas à salinidade, corroborando com a resistência ao estresse salino (Munns, 2005).

Em condições salinas, maiores concentrações de K⁺ em relação ao Na⁺ podem reduzir o efeito negativo do acúmulo de sódio, que quando em concentrações elevadas nos tecidos foliares pode afetar processos fisiológicos e bioquímicos dependentes de K, como ativação enzimática, regulação osmótica, abertura estomática, fotossíntese, respiração e síntese de proteínas (Apse; Blumwald, 2007).

As plantas podem sofrer três restrições por conta da salinidade, sendo essas um efeito osmótico decorrente do menor potencial osmótico da água no solo, um efeito iônico resultante

da toxicidade direta de íons e no desequilíbrio iônico das plantas, levando às várias alterações fisiológicas, além do efeito oxidativo que decorre da diminuição da taxa fotossintética, acumulando espécies reativas de oxigênio ativo (Munns; Tester, 2008). Essas situações implicam em menor absorção de água e nutrientes (Modesto et al., 2019).

12. Fotossíntese, translocação e respiração

As plantas absorvem energia luminosa a partir do sol, convertendo-a em energia química no processo de fotossíntese (Salisbury; Ross, 2012). O ATP é uma forma de energia química, resultante dos processos de fotossíntese e respiração. Neste segundo processo, ocorre a oxidação de moléculas orgânicas em CO_2 , com redução do O_2 em H_2O , e a dissipação de energia em forma de calor, resultando em um gradiente de prótons (H^+) transmembrana, já na fotossíntese, o gradiente ocorre através da oxidação da H_2O em O_2 , sendo essa fase mediada pela luz e através da redução do CO_2 em moléculas orgânicas, onde o ATP é utilizado (Arnon, 1984; Kluge et al., 2015).

As moléculas de ATP originadas da fotossíntese são produzidas apenas em células clorofiladas e na presença da luz, sendo que durante as horas sem luz e em células que não realizam fotossíntese, como células presentes no sistema radicular, a energia é suprida pela respiração, usando como substrato os compostos de carbono produzidos pelas células na fotossíntese. Muitos precursores essenciais para a biossíntese de compostos importantes, como aminoácidos e hormônios vegetais são produzidos durante o processo respiratório. Dessa forma, as plantas, principalmente as que estão em crescimento, devem ter maior atividade fotossintética do que respiratória (Farquhar; Sharkey, 1982; Kluge et al., 2015).

Os fatores ambientais que limitam a fotossíntese são o CO_2 , a luminosidade e a temperatura. Dessa forma, a taxa fotossintética aumenta tanto com a elevação da intensidade luminosa quanto com o aumento da temperatura, sendo que esse aumento é regulado principalmente pela quantidade de CO_2 . Quando ocorre saturação de CO_2 diz-se que a planta atingiu o ponto de saturação de CO_2 (Taiz; Zeiger, 2009). Outro fator limitante para a fotossíntese é a água, pelo fato das folhas, através dos estômatos, perderem água em forma de vapor. Um baixo suprimento de água pode resultar no fechamento dos estômatos, causando uma redução no fornecimento de CO_2 que será utilizado na fotossíntese (Taiz; Zeiger, 2009; Kluge et al., 2015).

13. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

O quiabo é uma hortaliça de clima tropical e subtropical bastante cultivada no Brasil devido à sua resistência e custo de produção acessível à agricultura familiar (Passos et al., 2015). Santos et al. (2020), consideram o quiabo uma hortaliça muito popular em regiões de clima tropical, sobretudo devido à sua rusticidade e tolerância ao calor.

De acordo com Paes et al. (2012), o quiabeiro é uma planta resistente ao calor, sem grande exigência tecnológica para o cultivo. Também é valorizada por ter ciclo rápido, um custo econômico acessível e ser resistente a pragas (Mota, 2008). Em regiões de clima quente, o quiabo pode ser produzido durante todo o ano (Galati et al., 2013), o que favoreceu a sua produção no Brasil, sendo o clima tropical do país muito propício ao cultivo dessa olerícola, em especial no Nordeste e Sudeste, que são regiões mais quentes (Mota et al., 2005), com destaque para os estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Sergipe (Cavalcante et al., 2010).

14. Florescimento e frutificação

Fisiologicamente, o quiabeiro apresenta duas fases distintas: a vegetativa, da sementeira ao estágio em que os primeiros botões florais se tornam visíveis, e a reprodutiva, do aparecimento dos primeiros botões florais em diante (Bazán, 2007).

Ao estudar o florescimento do cultivar Attica, na Itália, Duranti (1965), constatou que os primeiros sinais visíveis dos botões florais ocorreram aos 34 e 36 dias após a sementeira, e que a antese da primeira flor se deu entre 24 e 25 dias após, no primeiro e segundo ano respectivamente. Ao estudar uma série de cultivares, Pedrosa (1976), verificou que os mais precoces iniciaram a abertura das flores 52 dias após a sementeira e os tardios aos 85 dias, sendo que a primeira flor do quiabeiro se localiza entre o 6º e 8º nó, dependendo do cultivar (Zanin, 1980).

O fotoperíodo é um fator que pode influenciar o florescimento da cultura, sendo que Pereira et al. (1971), ao estudar diferentes linhagens de quiabeiro, verificaram que a floração da planta era favorecida pelas condições de dias curtos.

Estudando o momento de maturação do fruto para fins de produção de sementes, Setubal (1987), verificou que esse momento foi atingido entre 45 e 55 dias após a antese para os cultivares Campinas 2, Santa Cruz 47 e Amarelinho, nas condições de São Manoel (SP).

Castro et al. (2008), ao estudarem a qualidade de sementes do quiabeiro em função da idade e do repouso pós colheita dos frutos, verificaram que o aumento médio de massa foi de 0,0344 g, para cada dia que o fruto permanecia na planta. Os autores ainda afirmam que em

relação ao teor de água, esse era elevado aos 34 dias após a antese nas sementes nos frutos, ocorrendo grande declínio até os 55 dias, com redução média de quase 3% ao dia.

15. Efeitos de reguladores vegetais

Atualmente, as informações relacionadas ao uso de reguladores vegetais na cultura do quiabeiro, como o cloreto de mepiquat são escassas. Esse produto é amplamente utilizado na cultura do algodoeiro, que pertence à mesma família do quiabeiro, sendo que esse agroquímico age como inibidor da síntese de giberelina.

Os reguladores vegetais são utilizados de forma comercial nas plantações, sua importância é tão grande que variedades lançadas atualmente já saem com a recomendação de aplicação de biorreguladores, de acordo com os resultados das pesquisas dos programas de melhoramento genético da cultura (Pereira et al., 2018).

Por conter certas similaridades com a cultura do algodão, pesquisadores estudaram os efeitos do cloreto de mepiquat no quiabeiro, mesmo sendo um produto recomendado para o algodoeiro. Ao estudar o efeito de diferentes doses de cloreto de mepiquat na cultura do quiabo, Yamaki et al. (2004), verificaram que o número de frutos por planta, massa média de fruto, número de ramos secundários por planta e produção, não foram influenciados pelas doses do produto, entretanto, nas demais avaliações, os autores verificaram que o crescimento da planta diminuiu linearmente com o aumento das concentrações do produto, observando-se uma redução de 15 cm aos 70 dias após o transplantio até 48 cm aos 125 DAT.

Neste sentido, Souza (2001), ao estudar diferentes doses de cloreto de mepiquat e épocas de aplicação, verificou que o produto não influenciou a produção, número de ramos secundários, número de entrenós nem o número de frutos por planta. Quanto à altura da planta, o autor não observou efeito significativo para épocas de aplicação, no entanto para doses mais altas, foi evidenciada uma redução significativa na altura da planta em cerca de 20 cm.

Pereira et al. (2018) verificaram que a aplicação de cloreto de mepiquat reduziu o crescimento das plantas e se mostrou eficiente em diminuir a taxa de crescimento das plantas de quiabeiro.

16. Pós-colheita e senescência

Um aspecto que pode influenciar na qualidade das sementes em espécies de frutos carnosos é que, mesmo após a colheita dos frutos, as sementes continuam o seu amadurecimento caso não tenham completado no campo, atingindo níveis máximos de

germinação e vigor. Dessa forma, é possível diminuir o número de colheitas, uma vez que podem ser colhidos, ao mesmo tempo, frutos com diferentes graus de maturação, de modo que a semente complete sua maturação durante o período de armazenamento e, no caso do quiabo, pode-se evitar colher frutos muito velhos, com maior tendência a apresentar sementes duras (Castro et al., 2008). Os autores ainda concluíram que o repouso pós-colheita dos frutos, melhorou a qualidade das sementes, e que se obtém um aumento linear na qualidade das sementes com o aumento da idade dos frutos.

Ainda sobre frutos, Chitarra e Chitarra (2005), afirmam que em elevadas temperaturas, há redução dos sólidos solúveis devido à utilização dos açúcares como substratos para a respiração, demonstrando a necessidade de armazenamento dos frutos em locais adequados.

Castro et al. (2008), ao estudarem o repouso pós-colheita dos frutos, verificaram que aos 34 dias, os frutos apresentavam-se bem verdes, com pedúnculo verde e sem rachaduras; aos 41 dias, a coloração começou a passar para um tom amarelado, o pedúnculo ainda estava verde e o fruto ainda não apresentava rachaduras; aos 48 dias, o fruto ficou marrom esverdeado e com aparência mais seca, porém o pedúnculo permanecia verde e o fruto sem rachaduras; aos 55 dias, os frutos apresentavam-se totalmente marrons, aparência bem seca e com rachaduras e com pedúnculo marrom. Os autores ainda verificaram que no geral, os frutos atingiram a maturidade fisiológica com 55 dias após a antese, ou seja, totalmente marrons, porém, com o repouso dos frutos, as sementes continuaram o seu amadurecimento, caso não o tivessem completado no campo, atingindo níveis máximos de germinação e vigor. Isso se torna vantajoso, pois podem ser diminuídas as colheitas, uma vez que podem ser colhidos ao mesmo tempo frutos com diferentes graus de maturação, de modo que a semente complete sua maturação durante o período de repouso pós-colheita (Castro et al., 2008).

Referências

AGUIAR, F.M. **Resistência de acessos de quiabeiro à murcha-de-fusário**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2011.

APSE, M.P.; BLUMWALD, E. Na⁺ transport in plants. **FEBS Letters**, Amsterdam, v. 581, p. 2247-2254, 2007.

ARNON, D.I. The discovery of photosynthetic phosphorylation. **Trends in Biochemical Sciences**, Amsterdam, v. 9, n. 6, p. 258-262, 1984.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Roma: FAO, 1999. 85 p. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29).

BAZÁN, U.R.A. **Avaliação de germoplasma de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) quanto à resistência ao oídio (*Erysiphe cichoracearum*)**. 2007. 47 f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2007.

CASTRO, M.M.; GODOY, A.R.; CARDOSO, A.I.I. Qualidade de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1491-1495, 2008.

CAVALCANTE, L.F. et al. Teores foliares de macronutrientes em quiabeiro cultivado sob diferentes fontes e níveis de matéria orgânica. **Semina**. Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 1, p. 19-28, 2010.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**. 2. ed. Lavras: ESAL, FAEPE, 2005.

CHURATA-MASCA, M.G.C. Estudo do fotoperíodo controlado no quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). **Cientifica**, Jaboticabal, v. 3, n 1, p. 81-86, 1975.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Quiabo**: guia de identificação. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/entrepostos/servicos-entrepotagem/hortiescolha/quiabo/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. Centro de Qualidade em Horticultura. Programa Brasileiro para melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros. **Classificação do quiabo (*Abelmoschus esculentus* Moench)**. São Paulo, 2001.

COSTA, K.D.S.; NASCIMENTO, M.R.; MARIA, A. Melhoramento do quiabeiro quanto à precocidade, produção e qualidade: uma revisão de literatura. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 7., 2017. **Anais...** João Pessoa: Universidade do Vale do Paraíba, 2017. p. 1-6.

COSTA, R.A. **Cultura do quiabo submetida a lâminas de irrigação por gotejamento em função da evaporação em tanque classe A**. 2014. 54 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

DURANTI, A. Osservazioni sulla biologia fiorale di *Hibiscus esculentus* L. (*Abelmoschus esculentus*). **Annali della Facoltà di Agraria di Portici della R. Università di Napoli**. Serie III, Napoli, v. 30, p. 393-406, 1965.

EMBRAPA. **Sistema de produção para a cultura do quiabo**. Brasília, 1982. 24 p. (Série Sistema de Produção, 4).

FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 33, n.1, p. 317-345, 1982.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FISCHER, I.H. et al. Efeito da temperatura e reação de genótipos de quiabeiro ao mofo branco. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 40, n.1, p. 49–53, 2014.

FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 1, p. 307-319, 2004.

GALATI, V.C. **Crescimento e acúmulo de nutrientes em quiabeiro Santa Cruz 47**. 2010. 26 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2010.

GALATI, V.C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. **Semina**, Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 1, p. 191-199, 2013.

GONÇALVES, G.C. **Estudo da viabilidade técnica da produção de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) e jiló (*Solanum gilo*) em Planaltina-GO**. 2009. 91 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Agronomia) - Faculdades Integradas, Planaltina, 2009.

HARPER, J.E. Nitrogen metabolism. In: BOOTE, K.J. et al. **Physiology and determination of crop yield**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1994. p. 285-302.

JAYAPIRATHA, V.; THUSHYANTHY, M.; SIVAKUMAR, S. Performance evaluation of okra (*Abelmoschus esculentus*) under drip irrigation system. **Asian Journal of Agricultural Research**, v. 4, n. 3, p. 139–147, 2010.

JORGE, J.A.; LOUREÇÃO, A.L.; ARANHA, C. (Ed.). **Instruções agrícolas para o estado de São Paulo**. 5. ed. Campinas: IAC, 1990. 233 p. (Boletim Técnico, 200).

KLUGE, R.A. et al. Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

LIMA, F.; SOUSA, A.P.B.; LIMA, A. Propriedades nutricionais do maxixe e do quiabo. **Saúde em Foco**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 113-129, 2015.

MARTINELLI, L.H. et al. Morfo-anatomia do fruto, da semente e do desenvolvimento pós-seminal de quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) moench–malvaceae). In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 7., 2007, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2007. p. 3582-3585.

MARTINEZ, M. **Nutrientes e benefícios do quiabo**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/plantas/quiabo/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

- MEDINA, P.V.L. **Efeito de profundidade de plantio, tipo de leito, modo de semeadura e pré-tratamento na germinação do quiabeiro (*Hibiscus esculentus* L.)**. 1971. 42 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1971.
- MINAMI, K. et al. **Cultura do quiabeiro: técnicas simples para hortaliça resistente ao calor**. Piracicaba: ESALQ, Divisão de Biblioteca, 1997. 36 p. (Série Produtor Rural, 3).
- MODESTO, F.J.N. et al. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, Botucatu, v. 24, n. 1, p. 86-97, 2019.
- MODOLO, V.A.; TESSARIOLI NETO, J. Desenvolvimento de mudas de quiabeiro [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] em diferentes tipos de bandeja e substrato. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 377-381, 1999.
- MONTENEGRO, S.B. **Atividade antimicrobiana e antitriptica das proteínas de sementes do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. Moench)**. 2018. 47 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018, 47p.
- MOTA, W.F. Composição mineral de frutos de quatro cultivares de quiabeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 762-767, 2008.
- MOTA, W.F. et al. Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 722-725, 2005.
- MUNNS, R. Genes and salt tolerance: bringing them together. **New Phytologist**, London, v.167, n. 1, p. 645-663, 2005.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 59, n. 1, p. 651-681, 2008.
- NOBRE, R.G. et al. Emergência, crescimento e produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 76-85, 2013.
- PAES, H.M.F.; ESTEVES, B.S.; SOUSA, E.F. Determinação da demanda hídrica do quiabeiro em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 256-261, 2012.
- PASSOS, F.A. et al. Novas cultivares de quiabo para a agricultura familiar. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 2, jul./dez. 2015.
- PEDROSA, J.F. **Caracterização de 100 introduções de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) MOENCH.) do banco de germoplasma de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa - MG**. 1976. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1976.
- PEREIRA, A.A.; COUTO, F.A.A.; MAESTRI, M. Influência do fotoperíodo na floração do quiabo (*Hibiscus esculentus* L.). **Ceres**, Viçosa, v. 18, n. 96, p. 131-138, 1971.

PEREIRA, E.B.; GAMA, E. **Efeito do regulador de crescimento cloreto de mepiquat sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura do quiabo (*Abelmoschus esculentus*)**. 2018. 38 f. (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário Católico Salesiano Auxillium. Lins, 2018.

REDDY, J. **Organic okra farming (bhindi/lady finger), cultivation, agri farming**. Disponível em: <<https://www.agrifarming.in/organic-okra-farming-bhindi-lady-finger-cultivation>>. Acesso em: 11 jul. 2021.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Fisiologia das plantas**. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 792 p.

SANTOS, E.A. et al. Quality of okra seeds produced under different irrigation depths. **Research, Society and Development**, Itajubá, v. 9, n. 11, e52591110184, 2020.

SEDIYAMA, M.A.N. et al. Produtividade e estado nutricional do quiabeiro em função da densidade populacional e do biofertilizante suíno. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 913–920, 2009.

SETUBAL, J.W. **Sementes duras em quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*): Efeito de métodos de colheita e da localização dos frutos na planta**. 1987. 55 f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1987.

SETUBAL, J.W. **Florescimento, frutificação e produção de sementes de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), cv. Amarelinho, em função de diferentes populações de plantas**. 1998. 106 f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1998.

SOARES, T.M. et al. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 12, p. 235-248, 2007.

SOUZA, T.C.R. **Efeito de épocas e doses de aplicação de Pix (cloreto de mepiquat) em plantas de quiabo (*Abelmoschus esculentum* L. Moench)**. 2001. 24 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TRANI, P. S.; PASSOS, F. A.; NAGAI, H. Hortaliças. In: CANTARELLA, H. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. v. 2, p. 183. (Boletim, 100).

VIGGIANO, J. Situação da produção e importação de sementes de hortaliças. In: ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO E QUALIDADE DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 1991, Brasília. **Anais...** Brasília, 1991.

YAMAKI, F.L. et al. Resposta do quiabeiro à aplicação de doses crescentes de cloreto de mepiquat. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 473, 2004. Apresentado no CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004, Campo Grande.

ZANIN, A.C.W. **Aspectos do comportamento do quiabeiro (*Hibiscus esculentus* L.), cultivado para produção de sementes, em função de níveis de adubação e espaçamentos.** 1973. 67 f. Tese (Doutorado em Horticultura) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 1973, 67 p.

ZANIN, A.C.W. **Hábito de florescimento e de frutificação de quatro cultivares de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* [L.] Moench), cultivadas para produção de sementes.** 1980. 53 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 1980.

ZANIN, A.C.W. Produção de sementes de quiabeiro. In: CASTELLANI, P.D.; NICOLOSI, W.M.; HASEGAWA, M. (Ed.). **Produção de sementes de hortaliças.** Jaboticabal: FUNEP, 1990. p. 173-176.

BRAQUIÁRIA



BRAQUIÁRIA (*Urochloa brizantha*)

Alexandre Fameli Mammana

1. Origem e distribuição geográfica

O ecossistema situado no leste da África é reconhecido por abrigar uma extensa diversidade de gramíneas tropicais. De forma paralela, e sob um ponto de vista evolutivo, uma parcela dessas espécies era predada pelos grandes herbívoros africanos, o que lhes conferiu estratégias específicas, a fim conviver com a presença do pastejo. Essa grande diversidade genética vegetal, juntamente à herbívora ao longo de sua evolução, permitiu a região tornar-se o centro de origem das principais forrageiras tropicais cultivadas no mundo (Boonman, 1993). Incluídas neste contexto, o gênero *Urochloa* teve sua origem em solo africano (Figura 1), tornando-se umas das espécies mais utilizadas em sistemas agropecuários ao redor do globo (Fisher; Kerridge, 1996).

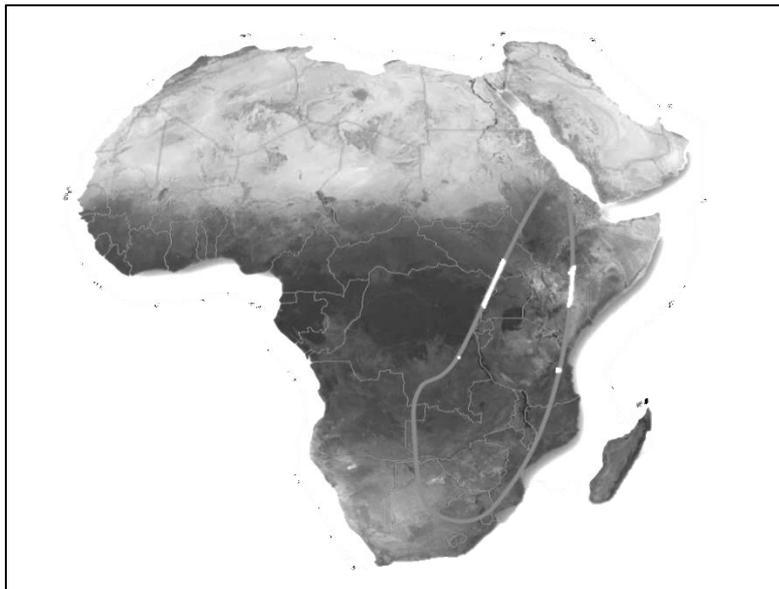


Figura 1. Mapa do continente africano delimitando a região originadora das principais espécies do gênero *Urochloa* de importância agrônômica (Adaptado de Fonseca, 2010).

Historicamente, o potencial da *Urochloa* para uso agrônômico foi reconhecido cerca de 60 anos atrás, limitando-se, na época, a uma parcela do território australiano. Com o tempo a utilização do gênero ganhou espaço em outros continentes, demarcando seu sucesso como planta forrageira (Figura 2).

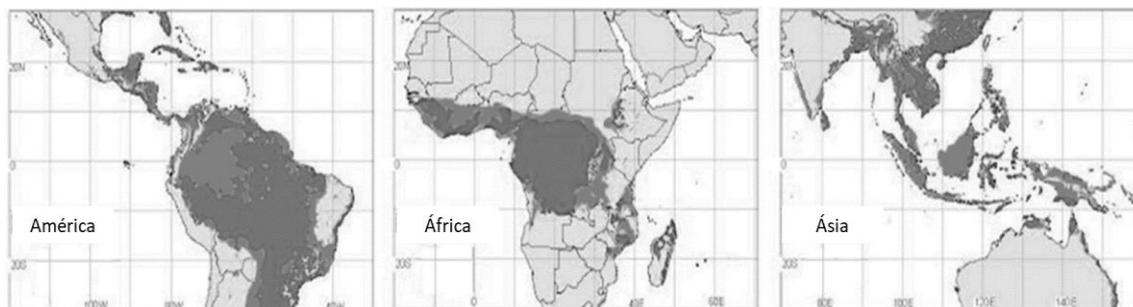


Figura 2. Distribuição global do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*), (Adaptado de Cardoso et al., 2020).

Nesse sentido, a grande adaptabilidade da *Urochloa* aos solos pobres e ácidos, sua fácil multiplicação por sementes, boa capacidade competitiva contra invasoras, aliadas ao bom desempenho animal em comparação às espécies nativas ajudam a explicar sua rápida expansão territorial nos trópicos (Fonseca, 2010).

Das espécies cultivadas para produção animal, a *U. brizantha* está entre as mais utilizadas em relação a sua distribuição, tornando-se naturalizada em todo trópico úmido e sub úmido (Fonseca, 2010). Assim como outras gramíneas do gênero, a espécie foi amplamente encontrada em toda região tropical da África (Tabela 1).

Tabela 1. Características geográficas, edáficas e climáticas dos campos de coleta da *Urochloa brizantha* (Adaptado de Renvoize et al., 1996).

Espécie	Latitude	Altitude (mm)	Chuva anual (mm)	Meses secos	pH do solo
<i>U. brizantha</i>	25°05'S 12°36'N	80 - 2310	590 - 2770	0 - 7	4,0 - 8,0

2. Morfologia e anatomia

A *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster, é uma gramínea forrageira amplamente utilizada em sistemas pastoris, servindo como uma importante fonte de alimento para o rebanho pecuário. Essa espécie é classificada como uma angiosperma monocotiledônea pertencente à família Poaceae e subfamília Panicoideae que atualmente foi classificada como pertencente ao gênero *Urochloa* (Cook; Schultze-Kraft, 2015). Devido à sua antiga classificação, também são tratadas sob a sinonímia *Brachiaria brizantha* ou comumente chamada de braquiarião.

A *U. brizantha* é uma espécie perene de porte que varia entre 1 a 1,5 m, exibindo hábito de crescimento cespitoso com colmos e pseudo-colmos eretos ou sub eretos. As folhas podem ser glabras (sem pilosidade) ou pilosas e de formato lanceolado com venação em disposição paralela, variando de 5 até 40 cm de comprimento e largura de 6 até 15 mm. Uma das principais características do gênero *Urochloa* é a inflorescência na forma de espiguetas, que são dispostas em rácermos unilaterais ao longo de uma ráquis central filiforme. As espiguetas podem estar dispostas individualmente ou em pares com a gluma oposta à ráquis, de acordo com Corrêa (2019), conforme a Figura 3.

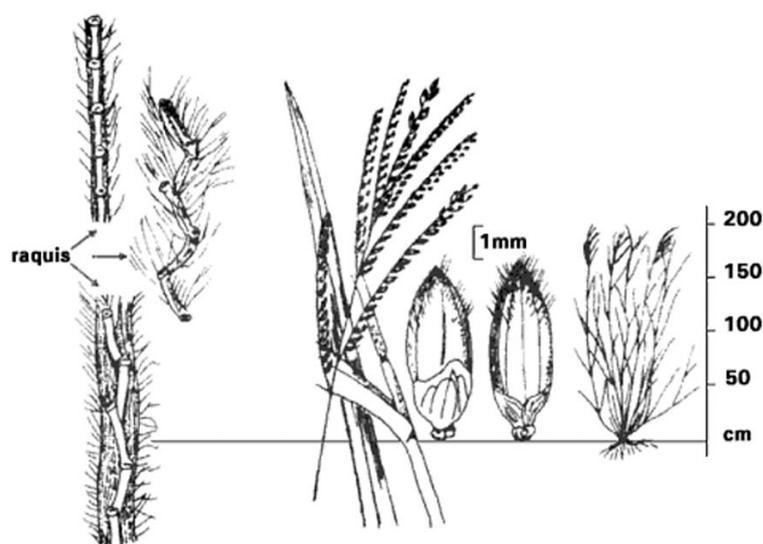


Figura 3. Características morfológicas da *Urochloa brizantha* (Adaptado de Sendulsky, 1977).

Aspectos relacionados à anatomia da *U. brizantha* são próprias das gramíneas que realizam a via fotossintética C4, ou seja, pelo ciclo da enzima fosfoenolpiruvato-carboxilase. Assim, como importante caracterizador, destaca-se a presença da anatomia de Kranz onde os feixes vasculares são circundados por células do mesófilo em disposição radiada, formando uma conformação de coroa (Lempp, 2014). Analisando uma série de características morfo-anatômicas da espécie, Brito e Rodella (2002), observaram que, em bainhas e lâminas foliares, é possível identificar feixes vasculares com tamanhos variados, sendo o maior deles envolvido por uma bainha parenquimática bastante desenvolvida, contínua e lignificada. Nos feixes de pequeno porte muitas vezes não é possível distinguir o xilema e floema, no entanto, também são envoltas por uma bainha parenquimática com células bem desenvolvidas. No mesmo estudo, em uma comparação entre as espécies *Urochloa brizantha* e *Urochloa humidicola*, foi possível observar maior lignificação nos colmos e entre nós mais espessos em *U. brizantha*, sugerindo um maior número de feixes vasculares em seus tecidos. Segundo Lempp (2014), outro aspecto importante em relação à anatomia da *U. brizantha* é a presença de sílica na epiderme foliar, que varia em grau, segundo diferentes genótipos da espécie. Segundo a autora, a presença de sílica é capaz de afetar negativamente a qualidade do material forrageiro por meio do comprometimento de sua digestibilidade.

Devido ao crescente trabalho no melhoramento genético da *U. brizantha* diversos cultivares foram desenvolvidos e são disponibilizados comercialmente. Nesse sentido, algumas características morfológicas apresentam certo grau de variação como, por exemplo, pilosidade de colmos e folhas, estatura da planta e tamanho da folha. Além disso, o manejo de desfolha, assim como as condições do ambiente, também modifica a morfologia de gramíneas forrageiras, já que seu elevado grau de adaptabilidade (plasticidade) permite com que modifiquem sua estrutura como resposta à desfolhação.

3. Propagação e germinação

Todas as espécies de *Urochloa* podem ser propagadas por sementes ou pela via vegetativa. No entanto, levando em consideração o momento da formação do pasto, apenas a propagação por sementes é considerada como realmente viável (Hopkinson et al., 1996). Nesse sentido, a qualidade da semente é de extrema importância para o sucesso da implantação e estabelecimento da planta, sendo essencial a utilização de sementes vigorosas e com elevado potencial de germinação. A dormência das sementes também é bem acentuada na espécie, podendo ser contornada por meio de tratamento com ácido sulfúrico (Hopkinson et al., 1996).

Após o estabelecimento, plantas de *U. brizantha* propagam-se principalmente pela via vegetativa, a partir do perfilhamento contínuo originado pela ativação de gemas laterais ou basais de perfilhos mais velhos. Este processo é importante, pois, em gramíneas, o perfilho é considerado a unidade vegetativa básica (Hodgson, 1990), que deve ser constantemente substituído quando morto ou decapitado pelo pastejo (Sbrissia; Da Silva, 2001). Neste contexto, a variação populacional de perfilhos no dossel tem importante papel na persistência do pasto, sendo esta variação modificada por processos concomitantes de aparecimento e morte de plantas individuais. De forma complementar, por sua vez, as taxas de aparecimento e morte de perfilhos são controladas por fatores do ambiente e manejo como: quantidade de luz, água, nutrientes (especialmente nitrogênio), estágio de desenvolvimento da planta e estratégia de desfolhação adotada (Sbrissia, 2004).

Levando em consideração os custos elevados relacionados ao procedimento de renovação de pastagens degradadas, que envolvem a necessidade de preparo do solo, adubação, controle de invasoras e ressemeadura, a estratégia mais interessante seria perenizar pastos formados por *U. brizantha* a partir do manejo que estimule o perfilhamento contínuo da planta.

4. Desenvolvimento de raízes

A *U. brizantha* apresenta sistema radicular do tipo fasciculado e de rápido estabelecimento, não sendo possível fazer a distinção entre as raízes primárias e secundárias. Em gramíneas, o desenvolvimento do sistema radicular apresenta duas etapas: (1) raízes seminais, que têm sua origem no embrião e com vida curta; (2) formação das raízes adventícias, que substituem as raízes embrionárias, aumentando significativamente o número de ramificações. As raízes adventícias originam-se dos primeiros nós basais que estão em contato do solo e representam o sistema permanente de raízes da *U. brizantha* (Bueno et al., 2016).

O sistema radicular realiza diversas funções essenciais para o desenvolvimento vegetal, sendo elas a absorção de água e nutrientes, sustentação, reservatório de carboidratos e nitrogênio. Portanto, a formação de um sistema radicular vigoroso é essencial para que a planta seja capaz de suportar situações de estresse do ambiente como invernos rigorosos e veranicos. Adicionalmente, o desenvolvimento radicular é dependente das características físicas do solo, umidade, nutrientes e manejo da pastagem. É importante destacar que o sistema radicular de plantas forrageiras sofre alterações bruscas dependendo da frequência e severidade do pastejo, desta forma, alterações significativas no índice de área foliar devido à

desfolhação pode cessar o desenvolvimento radicular ou até mesmo consumi-lo para que seja possível a rebrotação do dossel (Salton; Tomazi, 2014; Cunha et al., 2010).

5. Desenvolvimento de folhas e colmo

As folhas em gramíneas forrageiras são produzidas de forma contínua pelo meristema apical dos perfilhos, sendo possível caracterizá-las segundo o respectivo ciclo de vida em que se encontram. São elas: (1) folhas em expansão; (2) folhas emergentes, que apresentam a lâmina foliar visível (3) folhas completamente expandidas, que apresentam máximo desempenho fotossintético e (4) folhas em senescência. As folhas se formam a partir dos primórdios foliares, que juntamente da bainha foliar, nó, entrenó e gema constituem os fitômeros, que são as unidades de crescimento das gramíneas (Pedreira et al., 2001). Em perfilhos de *U. brizantha* em estado vegetativo e na ausência de competição por luz o desenvolvimento de colmo verdadeiro é menos pronunciado, contando com maior proporção de pseudocolmo (bainha das folhas), de acordo com a Figura 4.

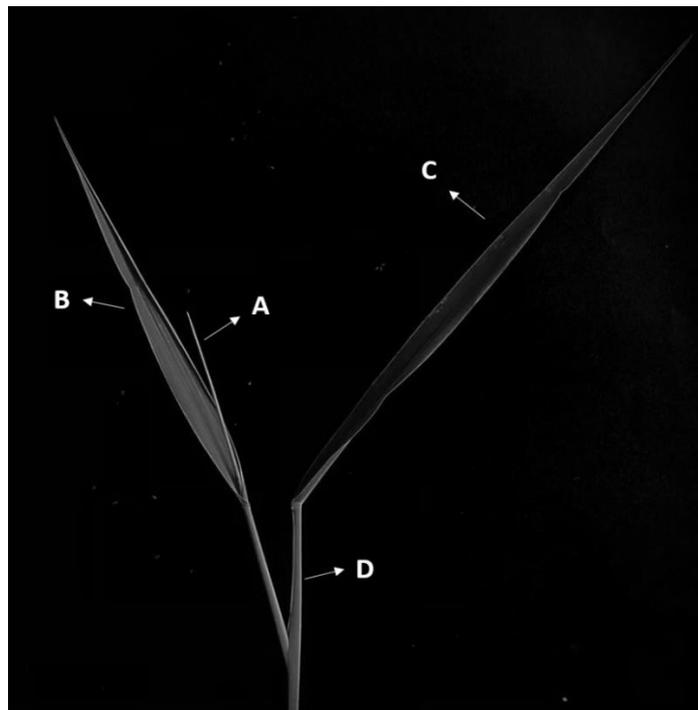


Figura 4. Perfilho de *U. brizantha* cv. Piatã. (A) Folha em expansão, (B e C) Folha expandida e (D) Pseudo - colmo (Autoria Própria).

O desenvolvimento de folhas e colmo em plantas de *U. brizantha* são inerentes aos processos morfogênicos de gramíneas forrageiras tropicais. Por definição, a morfogênese modula a maneira como a planta expande seus tecidos no espaço, determinando a forma como

o dossel ocupará o ambiente (Chapman; Lemaire, 1996). As características morfogênicas são intrínsecas à natureza genética da planta e respondem de forma intensa às condições do ambiente, como intensidade luminosa, água, nutrientes e temperatura. As principais características morfogênicas nas gramíneas tropicais são: taxa de alongamento foliar (TAF), taxa de aparecimento foliar (TAP), tempo de vida da folha (TVF) e alongamento do colmo (ALC). A interação entre as características morfogênicas, aliadas ao efeito do ambiente no pasto, condicionam à uma determinada expressão fenotípica, que é traduzida pela característica estrutural do dossel forrageiro. Essa estrutura, fruto de tais interações, é manifestada por quatro elementos principais à nível de indivíduo (perfilho) e população, sendo elas: número de folhas vivas por perfilho (NFP), tamanho da folha (TF), densidade populacional de perfilhos (DPP) e a relação folha/colmo.

Assim, a integração entre as características estruturais do dossel, como produtos das interações morfogênicas, determina a maneira pela qual a planta arquiteta seu índice de área foliar (IAF). Além disso, a importância do IAF reside em sua relevância na interceptação luminosa e na produção de fotoassimilados. Modificações na intensidade luminosa, assim como em sua qualidade, alteram as taxas dos processos morfogênicos, podendo levar a diferentes proporções na relação entre folha e colmo. Em ambientes com elevada competição por luz, por exemplo, plantas de *U. brizantha* elevam o extrato foliar por meio do alongamento prioritário de colmo verdadeiro, diminuindo assim o valor nutritivo da forragem consumida pelo animal.

6. Efeitos de fatores ecológicos

O processo de crescimento da *U. brizantha* exhibe variações de comportamento discrepantes ao longo do ano, sendo demarcado por um período de maior produtividade (Primavera/Verão) e outro de desenvolvimento limitado (Outono/Inverno). Conceitualmente, essa variação interanual é definida como estacionalidade de produção, sendo causada pela interação das respostas fisiológicas da planta em relação ao ambiente onde está inserida. Portanto, a compreensão do comportamento estacional da *Urochloa* se torna importante para o planejamento do sistema de produção, servindo como uma ferramenta a fim de traçar estratégias que equilibrem as relações entre oferta de forragem e demanda de alimento pelo animal ao longo do ano. Por ser uma espécie adaptada ao clima tropical e por apresentar via fotossintética C4, a *Urochloa brizantha* expressará maior potencial de desenvolvimento em regiões de clima mais quente, com subsequente queda em crescimento em condições de temperaturas mais baixas (Figuras 5 e 6).

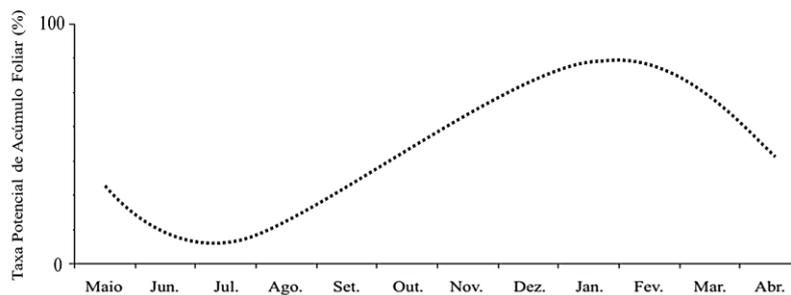


Figura 5. Aproximação da taxa potencial de acúmulo foliar em porcentagem de três cultivares de *U. brizantha* por três anos experimentais consecutivos em Campo Grande (Adaptado de Euclides et al., 2008).

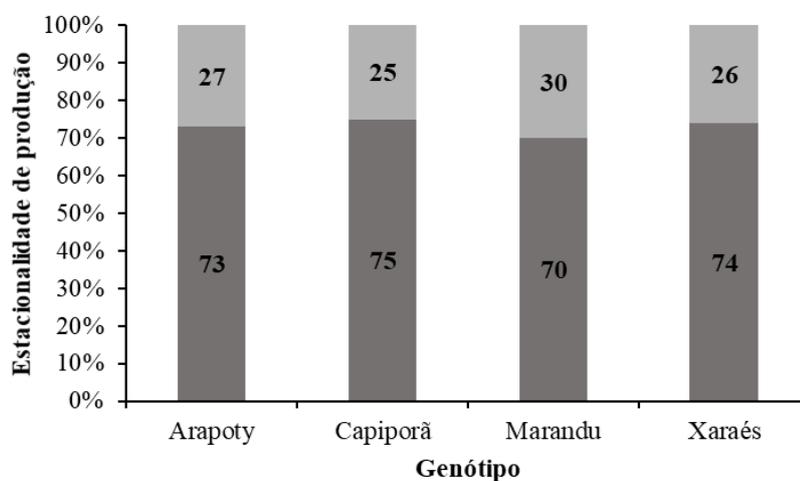


Figura 6. Distribuição estacional da produção anual de forragem de quatro genótipos de *Urochloa brizantha* (Adaptado de Lara, 2011).

Além de influenciar no potencial produtivo da planta, as condições do ambiente também são determinantes da qualidade da forragem, que é responsável pela geração do desempenho animal. Nesse contexto, o ambiente pode alterar a qualidade da forragem de duas formas, sendo elas: (1) diminuição do valor nutritivo, por meio da alteração na proporção de proteína bruta, fibra, açúcares e lignina no material forrageiro e; (2) potencial de consumo, devido às alterações da estrutura do dossel que limitem o comportamento digestivo animal (Nascimento Junior et al., 2007). Um cenário comum, a fim de ilustrar esse processo, pode ser relacionado com o manejo da desfolha das plantas sob regime de dias fixos, que não é eficiente em controlar a estrutura do pasto segundo às diferentes condições do ambiente, resultando em uma degradação da qualidade do pasto devido à formação excessiva de colmo e material morto.

Dentre os fatores ambientais determinantes da produção e qualidade da forragem, a temperatura, radiação solar e disponibilidade hídrica são consideradas as mais importantes.

6.1 Temperatura

A temperatura apresenta grande influência no metabolismo vegetal, provocando efeitos imediatos sobre processos bioquímicos (respiração e fotossíntese), físicos (transpiração) e morfogênicos da planta forrageira (Nascimento Junior et al., 2007). Assim, ela é considerada um importante componente na estacionalidade de produção, como também, na qualidade da forragem da *U. brizantha*.

Sob o ponto de vista da produção, identifica-se um intervalo de temperatura em que o metabolismo da planta é mais intenso, podendo ser retardado ou até mesmo interrompido quando limites máximos ou inferiores são ultrapassados. Como a *U. brizantha* é uma espécie adaptada ao clima tropical, a temperatura ótima para seu desenvolvimento se encontra no intervalo entre 25 e 35°C. Por outro lado, quando exposta às temperaturas na faixa de 10 a 15°C seu crescimento pode ser minimizado ou até mesmo completamente interrompido (Lara, 2011). A produção de folhas, componente principal para a fotossíntese e pelo consumo animal, também é fortemente influenciada pela temperatura. O uso de fotoassimilados pelos meristemas foliares é determinado diretamente pela temperatura do ambiente, influenciando as taxas de divisão e expansão celular e modulando, nesse sentido, as taxas aparecimento e alongamentos das folhas (características morfogênicas).

Levando em consideração a qualidade do material forrageiro, aumentos na taxa de lignificação e espessamento da parede celular, são processos que ocorrem em ambientes de temperaturas mais elevadas. Além disso, devido a maior atividade metabólica, o conteúdo de metabólitos (carboidratos não estruturais e proteínas) tende a diminuir, devido seu consumo acelerado para sustentar o crescimento vegetal. Desta forma, a degradabilidade da matéria seca sofre uma queda drástica, devido à conversão de produtos fotossintéticos em celulose e lignina, que ainda pode ser agravado devido o alongamento excessivo de colmo em relação à presença de folhas (diminuição da relação folha: colmo), segundo Nascimento Junior et al. (2007). No entanto, como será explicado no tópico 12, o manejo do pasto impede a redução da qualidade da forragem, produzindo, assim, alimento capaz de gerar desempenho e produtividade elevados.

6.2 Luz

As plantas realizam a fotossíntese para produção de açúcares, que são utilizados para o desenvolvimento e manutenção do tecido vegetal. Portanto, a radiação solar é a fonte de energia necessária para que essa complexa cadeia de reações ocorra. Por sua vez, a energia luminosa é captada pela planta por meio do seu dossel forrageiro, sendo diretamente

influenciada pelo índice de área foliar do pasto (IAF). Pastagens com grande proporção de folhas em relação à colmo, são mais eficientes em captar a luz incidente, sendo assim, mais produtivas. A luz promove o acúmulo de açúcares e estimula a síntese de aminoácidos, que resulta na produção de carboidratos não estruturais e proteína, podendo gerar, desta forma, aumento no valor nutritivo da forragem de *U. brizantha* (Nascimento Junior et al., 2007). Normalmente, ambientes de climas tropicais e subtropicais são caracterizadores por apresentarem elevados índices de radiação, não representando, desta forma, um fator limitante do crescimento vegetal. No entanto, em épocas do ano em que a radiação incidente é menos elevada, a produção da *U. brizantha* é reduzida, entrando em um processo estacional (Souza, 2017).

6.3 Água

A água é de grande importância para os organismos vegetais, constituindo a matriz onde ocorre grande parte das reações bioquímicas essenciais à vida, correspondendo entre 80 a 95% da massa dos tecidos vegetais em crescimento. Adicionalmente, é essencial para o transporte de solutos, turgescência celular, fechamento estomático e desenvolvimento radicular (Taiz; Zeiger, 2017). A necessidade de água varia entre os cultivares de *U. brizantha* de acordo com as condições climáticas e edáficas, já que a radiação solar, a temperatura, a umidade relativa do ar e velocidade do vento são fatores que afetam a perda de água pela planta (Bueno et al., 2016).

7. Relações hídricas

A utilização da irrigação, em certas condições, é uma estratégia interessante a fim de diminuir os efeitos da estacionalidade de produção na *U. brizantha*, já que oferece água para a pastagem em climas secos ou períodos sazonais do ano. Assim, a irrigação pode equilibrar a produção de forragem entre as estações de verão e inverno e, adicionalmente, estar associada à alta produtividade animal, contanto, obviamente, que a temperatura e radiação solar não sejam fatores limitantes. A quantidade de água consumida varia segundo características morfofisiológicas da planta e manejo, como, por exemplo, tempo de rebrotação e área foliar (Souza, 2017). A presença da água é crítica para o sucesso da germinação, emergência e perfilhamento da *U. brizantha* (Santos et al., 2012), podendo haver variações segundo o cultivar escolhido e o manejo adotado.

8. Solos, nutrição e micorrizas

O gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) apresenta grande adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade (Malavolta; Paulino, 2002). Segundo Rao et al. (1996), essa adaptação pode ser resultado das seguintes características do gênero: (1) crescimento de raízes à custa do crescimento do dossel, (2) aquisição e utilização de ambas as formas de nitrogênio (nitrato de amônia), (3) aquisição de N por meio de associação com microrganismos, (4) aquisição de fósforo por meio de um sistema radicular extenso e pela associação de micorrizas e (5) aquisição de cálcio por meio de um sistema radicular extensamente ramificado. Reconhecendo o potencial da *Urochloa* para os solos pobres e ácidos, os mesmos autores destacam a ampla utilização do gênero em sistemas extensivos, em que a disponibilidade de nutrientes no solo nunca é suficiente para o máximo potencial da forrageira. Como consequência, as plantas sempre estão em um estado de compensação, pelos estresses impostos pelo estado nutritivo do ambiente, diminuindo o potencial produtivo da espécie, valor nutritivo da forragem e, em casos mais graves, levando a um estado de degradação do pasto.

Revisando sobre os requerimentos nutricionais do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*), Rao et al. (1996), destacam alguns aspectos importantes para espécie *U. brizantha*.

8.1 Resposta à adubação nitrogenada, aquisição e utilização de N

A produtividade de plantas forrageiras é diretamente relacionada com o suprimento de nitrogênio ao longo do ciclo produtivo. Em comparação com as outras espécies de *Urochloa*, a *U. brizantha* é a mais responsiva à aplicação de adubos nitrogenados. No entanto, quando o suprimento de nitrogênio não é adequado, sua produção de matéria seca é a mais afetada negativamente (Tabela 2). Diferentemente de algumas espécies de *Urochloa*, a *U. brizantha* cv. Marandu é capaz de utilizar apenas uma pequena quantidade de nitrogênio amoniacal do solo, dependendo mais intensamente da forma de nitrato (Castilla; Jackson, 1991).

Tabela 2. Efeito da aplicação nitrogenada na matéria seca anual e concentração de proteína bruta em diferentes espécies de *Urochloa* em dois anos experimentais. (Adaptado de Rao et al., 1996).

Espécie	Matéria seca (t/ha) sob diferentes doses de nitrogênio (kg/ha)			Proteína bruta (%) sob diferentes doses de nitrogênio (kg/ha)		
	0	75	150	0	75	150
<i>U. brizantha</i>	5,99 Cc	10,67 Ba	16,83 Aa	7,6	10,6	13,4
<i>U. decumbens</i>	7,82 Ca	10,63 Ba	13,91 Ab	7,5	10,2	13,2
<i>U. humidicola</i>	6,67 Cb	9,26 Bb	9,26 Ac	6,9	9,0	11,7
<i>U. ruziziensis</i>	7,32 Cab	9,42 Bb	9,42 Ac	7,7	10,5	12,7

8.2 Adaptação sob baixo suprimento de fósforo no solo

O fósforo é o principal nutriente limitante para a produtividade da *Urochloa* em solos ácidos. Mesmo que o solo não seja pobre em fósforo, caso não haja procedimentos de correção, o nutriente ficará indisponível para utilização da planta. A aquisição de fósforo pela *Urochloa* pode ser melhorada por sistemas radiculares que promovam maior área de contato com o solo, habilidade de utilização de formas orgânicas e inorgânicas de fósforo e associação com micorrizas vesiculares arbusculares (MVA). A inoculação com MVA pode reduzir a necessidade de fontes externas de fósforo, tornando a planta mais eficiente em sua utilização e aumentando a produção de forragem (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito da inoculação de micorriza vesicular arbuscular (MVA) na produção de matéria seca e na porcentagem do P utilizado no solo para diferentes espécies de *Urochloa* (I= inoculado; ND = não inoculado), (Adaptado de Rao et al., 1996).

Espécie	Peso seco da parte aérea (g/vaso)		Peso seco do sistema radicular (g/vaso)		Porcentagem de P utilizado no solo.	
	I	ND	I	ND	I	ND
<i>U. brizantha</i>	4,84	0,30	2,07	0,18	17,3	1,6
<i>U. decumbens</i>	4,68	0,28	2,57	0,21	24,8	1,6
<i>U. humidicola</i>	5,19	1,27	2,82	0,85	27,8	7,1

É comum no território brasileiro que os solos ácidos contenham proporções elevadas de alumínio em sua solução. A alongação de raízes é sensível à presença de alumínio, afetando negativamente a densidade de comprimento radicular (DCR) da *U. brizantha*. Tal resposta aponta a necessidade de procedimentos que resultem na correção do solo em camadas superficiais e subsuperficiais para a boa condução da cultura.

A deficiência dos principais nutrientes para o desenvolvimento da *U. brizantha* causa grande comprometimento da produção. Nesse sentido, é importante identificar os sintomas quando a planta não está nutrida adequadamente (Tabela 4).

Tabela 4. Sintomas de deficiência nutricional nas espécies de *Urochloa* (Adaptado de Rao et al., 1996).

Sintomas	Deficiência
Sintomas nas folhas mais velhas:	
Clorose que se inicia na ponta da folha	N
Necrose na margem da folha	K
Clorose concentrada entre as nervuras (que continuam verdes)	Mg
Pontos de cor marrom, cinza ou esbranquiçadas	Mn
Cor avermelhada nas folhas verdes ou no colmo	P
Sintomas nas folhas mais jovens:	
Queima nas bordas das folhas (<i>tip burn</i>)	Ca
Manchas amarelo-esverdeadas com nervuras amareladas	S
Manchas amarelo-esverdeadas com nervuras esverdeadas	Fe
Folhas jovens com a ponta esbranquiçada	Cu
Folha mais jovem do perfilho com coloração marrom ou morta	B

9. Fotossíntese e translocação

A *U. brizantha* é uma gramínea de clima tropical que realiza a via fotossintética C4, que apresenta um mecanismo anatômico ausente em plantas de fotossíntese C3. Na via C4, a primeira molécula formada a partir da incorporação do carbono proveniente do CO₂ atmosférico é malato ou aspartato, ambos com quatro carbonos em sua estrutura. Essa reação é intermediada pela enzima fosfoenol piruvato carboxilase no mesófilo foliar. Os compostos de quatro carbonos seguem do mesófilo para as células da bainha do feixe vascular, onde são descarboxilados, liberando CO₂ para sua subsequente reação com a rubisco, que dará início ao ciclo de Calvin-Benson para formação de açúcares. Essa anatomia diferenciada responsável por compartimentalizar e concentrar o CO₂ nas folhas de espécies C4 é denominada anatomia Kranz (Taiz; Zeiger, 2017). Como consequência, a via fotossintética da *U. brizantha* possibilita maior produção de biomassa vegetal em relação às gramíneas C3, melhor adaptação em climas tropicais e subtropicais e menor valor nutritivo da forragem devido maior presença de componentes estruturais de baixa digestibilidade.

A fotossíntese realizada pelo dossel forrageiro é de grande importância para o desenvolvimento vegetal, pois representa a principal fonte de produção de carboidratos não estruturais (CNE) da planta. Os açúcares são transportados dos sítios fonte para os sítios dreno da planta, ou seja, das regiões de produção de fotoassimilados (folhas fotossintetizantes), para as regiões de metabolismo ou armazenamento (meristemas e raízes). A partição dos carboidratos depende de uma série de fatores fisiológicos, genéticos e do meio e que, em alguns casos, pode ser manipulado de modo a aumentar a produtividade da pastagem (Pedreira et al., 2001). No estágio vegetativo, a translocação de fotoassimilados provenientes das folhas expandidas segue prioritariamente para os componentes estruturais do dossel, como colmo e folhas em expansão, a fim de maximizar a captação da luz incidente. Caso o dossel esteja bem desenvolvido, os fotoassimilados são alocados para raízes e base do colmo, onde são armazenados. No estágio reprodutivo o desenvolvimento de folhas novas cessa, e as estruturas reprodutivas se tornam o principal dreno de CNE.

10. Florescimento e fotoperíodo

Plantas jovens não produzem inflorescência no seu início de desenvolvimento. A formação das inflorescências em pastos de *Urochloa* ocorre de forma dispersa e pouco sincronizada. O início de uma floração vigorosa ocorre como resposta às variações no fotoperíodo, sendo influenciada pela latitude e época do ano. A *U. brizantha* é uma planta de dia longo, florescendo, geralmente, nos dias mais longos do ano e de forma mais vigorosa em maiores latitudes. Apesar do exposto, existem variações na época de florescimento a partir dos diferentes cultivares da espécie (Tabela 5).

Tabela 5. Época de florescimento em diferentes cultivares de *U. brizantha* (Adaptado de Fonseca, 2010).

Cultivar	Florescimento
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	Final do Verão (fevereiro-março)
<i>U. brizantha</i> cv. La Libertad	Final do Verão (fevereiro-março)
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	Meados do Outono (maio)
<i>U. brizantha</i> cv. Piatã	Início do Verão (janeiro-fevereiro)

Com o início do florescimento, o perfilho em estágio reprodutivo começa a alongar o colmo de forma rápida, cessando o aparecimento de folhas novas e causando uma queda drástica no valor nutritivo da forragem, como também no potencial de consumo pelo animal.

11. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A partir de uma comparação com outros exemplares do gênero *Urochloa*, a *U. brizantha* é considerada a mais tolerante a veranicos e a ambientes sombreados, não sendo recomendada, no entanto, para ambientes alagados (Fisher; Kerridge, 1996). Na Tabela 6, é feita uma comparação dos principais atributos da *U. brizantha* em relação às outras espécies do mesmo gênero, considerando-se pontos positivos e negativos, de uso para diferentes ambientes produtivos.

Tabela 6. Principais atributos das espécies mais importantes de *Urochloa* (Adaptado de Rao et al., 1996).

Espécie	Atributos Positivos	Atributos Negativos
<i>U. brizantha</i>	Produtividade elevada, tolerância à cigarrinha das pastagens, responsiva à aplicação de adubos, tolerância à seca, elevada competitividade com invasoras, capacidade de crescimento em ambientes sombreados, boa qualidade de forragem.	Baixa adaptação à solos mal drenados, necessidade de solos moderadamente férteis, susceptibilidade à Antracnose.
<i>U. decumbens</i>	Boa produtividade, tolerância à solos com baixa fertilidade, boa performance em ambientes sombreados, boa qualidade de forragem.	Susceptibilidade à cigarrinha das pastagens, baixa adaptação à solos mal drenados, susceptibilidade à Antracnose.
<i>U. humidicola</i>	Pode ser utilizada em solos alagados, adaptada à solos de baixa fertilidade, habilidade de crescimento rápido de alta competitividade com plantas invasoras, tolerância intermediária à cigarrinha das pastagens.	Baixa digestibilidade da matéria seca, baixa concentração de Ca e N na forragem, susceptibilidade à ferrugem.
<i>U. ruziziensis</i>	Crescimento rápido no início da estação chuvosa, fácil estabelecimento, boa qualidade da forragem.	Necessidade de solos bem drenados, susceptibilidade à cigarrinha das pastagens e à Antracnose, baixa capacidade competitiva com plantas invasora.
<i>U. mutica</i>	Boa adaptação a solos mal drenados.	Baixa qualidade da forragem.
<i>U. arrecta</i>	Adaptação a solos pouco drenados.	Baixa adaptação a solos com baixa fertilidade, susceptibilidade à cigarrinha das pastagens

A partir da utilização de modelos matemáticos, Santos et al. (2014), foram capazes de estimar a produção de forragem da *U. brizantha* cv. Marandu, com base na soma térmica

(graus-dia) e quantidade de água no solo no território brasileiro. A simulação de produtividade foi realizada para quatro cenários de diferentes capacidades de armazenamento de água no solo, caracterizando os solos arenosos (40 mm), de textura média (60 mm), argilosos (100 mm) e solos com impedimento ou rasos (20 mm) (Figura 7).

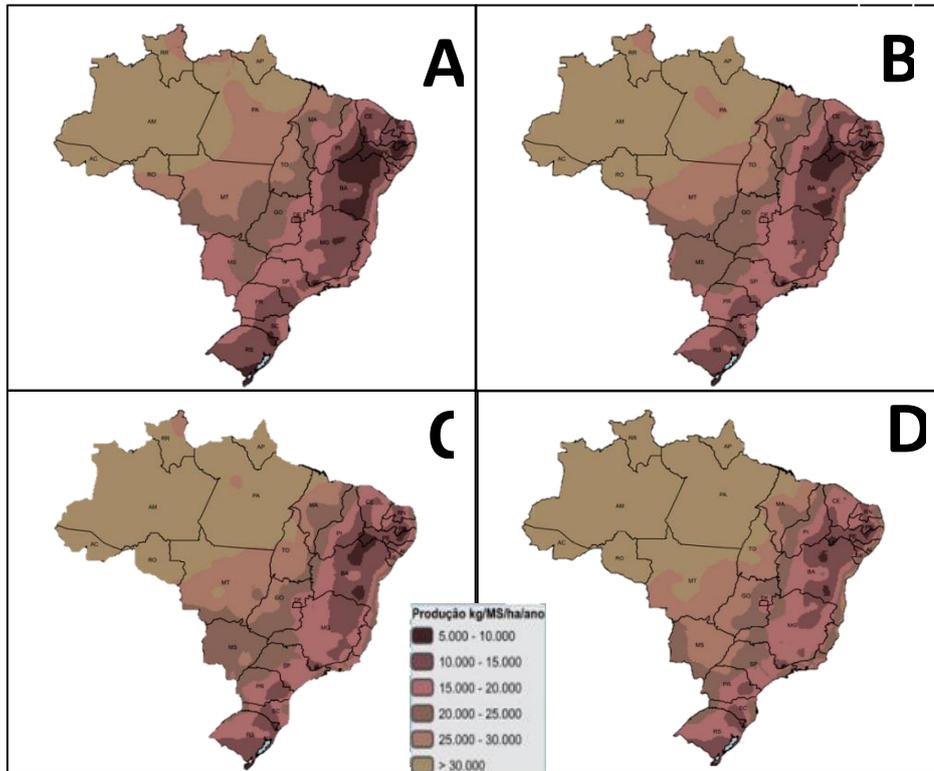


Figura 7. Produção anual (kg/ha/ano) de *U. brizantha* cv. Marandu para o cenário climático atual para (A) 20 mm; (B) 40 mm; (C) 60 mm e (D) 100 mm (Adaptado de Santos et al., 2014).

12. Estratégias para altas produções

A *U. brizantha* é uma espécie altamente adaptada ao clima tropical e de elevado potencial produtivo sob condições adequadas de crescimento e manejo. Nesse sentido, o manejo do pasto objetiva potencializar a produção vegetal, disponibilizando forragem em abundância, com elevado valor nutritivo para o animal. Para que isso seja possível, é importante adequar as condições do ambiente à necessidade da forrageira por meio das operações de adubação, correção, aração, controle de pragas e doenças, irrigação, subsolagem e drenagem do solo. Adicionalmente, necessita-se regular os processos biológicos da planta e do animal sob pastejo, por meio do controle da desfolhação, maximizando, dessa forma, o acúmulo de forragem, o perfilhamento, valor nutritivo da forragem, desempenho animal e, finalmente, a produtividade animal. O controle da desfolhação, por sua vez, é realizado quando um método de pastejo adequado é escolhido para compor o sistema, podendo ser por meio da lotação contínua ou intermitente.

O estabelecimento da pastagem é o primeiro passo para que o sistema se mantenha produtivo por longos períodos, sendo premissa básica para que todos os processos e estratégias que ocorrerão em seguida possam funcionar de maneira eficaz. Segundo Evangelista et al. (2014), para o sucesso da formação do pasto, é importante a utilização de sementes de qualidade e de valor cultural (VC) elevado. Para os autores, a qualidade da semente garante uniformidade e rapidez no estabelecimento das plântulas, sendo necessárias as seguintes características ao adquirir o insumo: (1) ausência de sementes de invasoras; (2) ausência de impurezas, como terra ou poeira; (3) ausência de contaminação por outras espécies forrageiras e; (4) pureza varietal. Os procedimentos de preparo do solo, adubação e correção são realizadas antes da semeadura, sendo essenciais para o desenvolvimento da plântula e estabelecimento vigoroso do pasto.

Quando bem formada, a *U. brizantha* necessitará de adubações constantes a fim de repor os nutrientes que são extraídos continuamente pelos processos de crescimento e desfolhação da planta. Em pastagem, o nitrogênio é considerado um nutriente essencial para a produtividade e manutenção da persistência, afetando diretamente as taxas de alongamento foliar do perfilho (Cardoso et al., 2020) e de perfilhamento (Sbrissia; Da Silva, 2001). Ambos os processos apresentam grande importância na reconstituição do IAF do dossel, que é o principal componente responsável pela interceptação luminosa e, de forma paralela, pela rebrotação após o pastejo (Chapman; Lemaire, 1996).

Seguindo a lógica para altas produções, o manejo da pastagem, objetiva maximizar as taxas de crescimento da planta forrageira e disponibilizar forragem para o animal sob pastejo. O equilíbrio entre os dois agentes pode ser atingido por meio de metas específicas de manejo, que objetivam o controle da estrutura do dossel forrageiro (Hodgson, 1990). Tal estratégia é eficiente, pois é a estrutura do dossel o ponto de origem e de convergência das respostas entre plantas e animais em pastejo (Hodgson, 1990).

Do ponto de vista vegetal, a estrutura do pasto é o produto entre as interações das características morfogênicas da planta, resultando na forma ou arranjo da parte aérea vegetal que compõe o dossel. Nesse sentido, o arranjo espacial das estruturas vegetais é definidor do índice de área foliar. O índice de área foliar é modulador central do funcionamento vegetal, pois, está diretamente relacionado com a interceptação luminosa e qualidade do ambiente luminoso que atinge as plantas (Chapman; Lemaire, 1996). A luz, por si só, representa recurso essencial, pois, direciona o potencial fotossintético e produtivo da *U. brizantha*.

Do ponto de vista animal, a estrutura do pasto representa a forma como a forragem lhe é apresentada e é diretamente relacionada com a distribuição dos componentes morfológicos

disponibilizados em campo e com o processo de colheita e ingestão de nutrientes (Hodgson, 1990). Ou seja, o manejo que proporciona um pasto com estrutura adequada facilita a prensão de forragem, oferecendo maior proporção de folhas em relação a colmo e material morto. Como consequência, a velocidade de consumo pelo animal aumenta e o valor nutritivo da forragem é satisfatório.

Nesse sentido, o manejo guiado e direcionado, segundo as condições do pasto, definidos por suas características estruturais, controla a principal interface das respostas entre plantas e animais (estrutura do dossel). O controle é realizado pela altura do dossel forrageiro, que indica o momento ideal para desfolhação. Através de alturas de pré e pós pastejo (lotação intermitente), ou aponta um intervalo de altura em que o pasto deve ser mantido (lotação contínua).

Diante do exposto, tendo por objetivo, metas de manejo que busquem a manutenção de condições ideais do pasto, modificações na taxa de lotação, fertilização, irrigação, entre outras estratégias, para que funcionem como um meio, e não fim, para manter certas condições pré-estabelecidas segundo uma amplitude agrônômica ótima de produção (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Recomendação de manejo da *U. brizantha* pela altura (cm) para lotação intermitente, com taxa de lotação variável (Adaptado de Pereira e Polizel, 2016).

Espécie	Altura pré-pastejo	Altura pós-pastejo
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	25	10-15
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	30	15-20
<i>U. brizantha</i> cv. Piatã	35	15-20

Tabela 8. Recomendação de manejo da *U. brizantha* pela manutenção da altura (cm) para lotação contínua, com taxa de lotação variável (Adaptado de Pereira e Polizel, 2016).

Espécie	Intervalo de altura
<i>U. brizantha</i> cv. Marandu	20 a 40
<i>U. brizantha</i> cv. Xaraés	15 a 45
<i>U. brizantha</i> cv. Piatã	15 a 30

13. Acúmulo de forragem

Em plantas forrageiras, o acúmulo de forragem é resultado de processos concomitantes e antagônicos, que ocorrem em nível do pasto (população) e de perfilho (indivíduo). O

perfilho, enquanto estiver vivo, realiza um fluxo de tecidos que objetiva a manutenção de sua área foliar em resposta ao ambiente luminoso onde está inserido (Chapman; Lemaire, 1996). Este processo caracteriza o primeiro nível de complexidade do acúmulo, que acontece por meio do aparecimento de folhas novas na parte superior do perfilho, juntamente com a senescência e morte das folhas mais velhas na parte inferior. O segundo nível de complexidade, opera em nível de população de perfilhos, por meio do balanço entre aparecimento e morte destes. Assim, as integrais entre os dois níveis de complexidade, modulam o processo de acúmulo de forragem. Portanto, o acúmulo de forragem é o balanço entre a fotossíntese bruta, respiração, crescimento, senescência e morte de tecidos na planta.

Entender como a *U. brizantha* acumula forragem ao longo do tempo é essencial para otimização do manejo, já que apresenta algumas particularidades segundo o método de pastejo adotado. Nesse sentido, é importante considerar estes processos dentro dos métodos de lotação contínua ou intermitente, já que são amplamente utilizados nos sistemas de produção em pasto. Sob lotação contínua, o pasto é mantido em uma condição relativamente estável, ocorrendo um equilíbrio entre o crescimento, senescência e consumo do pasto (presença do animal). O manejo é complexo e exige que a taxa de lotação seja ajustada com muito cuidado. A taxa de lotação (no contínuo) é responsável por modular a frequência e intensidade de desfolhação, caracterizando a velocidade de consumo pelo animal. A velocidade de consumo pelo animal é importante, pois, para manter o pasto na condição meta do manejo, deve ser ajustada segundo a velocidade de acúmulo de forragem no pasto.

Para a lotação intermitente, a dinâmica do acúmulo de forragem acontece na ausência do animal. Neste método de pastejo, o pasto é submetido a duas condições contrastantes em um curto intervalo de tempo, caracterizadas por um período de massa elevada (índice de área foliar elevado), para outro extremo com massa de forragem residual relativamente pequena (índice de área foliar baixo). Portanto, o processo de acúmulo ocorre como se a planta estivesse em crescimento livre após a desfolhação.

14. Efeitos de reguladores vegetais

A utilização dos biorreguladores em plantas forrageiras é uma tecnologia ainda pouco explorada, necessitando de maiores estudos para expansão do conhecimento sobre o assunto. De modo geral, a aplicação de hormônios vegetais é uma estratégia de manejo que tem por finalidade aumento da produção, melhorar o desenvolvimento inicial de plântulas e auxiliar no enraizamento e quebra da dormência de sementes. Os reguladores mais utilizados são: ácido indolbutírico (IBA), que auxilia no enraizamento; ácido giberélico (GA_3), que auxilia

no processo germinativo da semente e cinetina, que afeta o crescimento e diferenciação vegetal (Almeida et al., 2015).

Segundo Silva et al. (2013), a aplicação de GA₃ em sementes de *U. brizantha* pode não ser eficiente devido à dormência induzida pela casca. Lemes e Stacciarini (2002) chegaram a conclusões semelhantes, salientando que o revestimento inibe a germinação, por restringir as trocas gasosas da semente. Utilizando outro composto, Figueiredo et al. (2015), observaram que a utilização de auxina sintética sob diferentes doses apresenta efeitos sobre a germinação de *U. brizantha* cv. Xaraés, modificando a germinação e velocidade de emergência de plântulas.

Referências

- ALMEIDA, E.M. et al. O uso de reguladores de crescimento vegetal em plantas forrageiras. **Nutri-Time**, Viçosa, v.12, n. 5, p. 4302-4308, 2015.
- BOONMAN, J.G. **East Africa's grasses and fodders: their ecology and husbandry**. Dordrecht: Springer, 1993. 350 p.
- BRITO, C.J.F.A.; RODELLA, R.A. Caracterização morfo-anatômica da folha e do caule de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *B. humidicola* (Rendle) Schweick (Poaceae). **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 221-228, 2002.
- BUENO, I.C.S.; HERLING, V.A.; PEREIRA, L.E.T. **A dinâmica do crescimento de plantas forrageiras e o manejo das pastagens**. Pirassununga: USP, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2016. 78 p.
- CARDOSO, A.S. et al. Intensification: A key strategy to achieve great animal and environmental beef cattle production sustainability in *Brachiaria* grasslands. **Sustainability**, Dubuque, v. 12, n. 16, p. 6656, 2020.
- CASTILLA, C.; JACKSON, W.A. Nitrogen uptake mechanism in two *Brachiaria* species. In: **TropSoils technica report**. 1991. p. 164-167.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993. **Annals...** p. 95-104.
- COOK, B.G.; SCHULTZE-KRAFT, R. Botanical name changes - nuisance or a quest for precision? **Tropical Grasslands, Forrajes Tropicales**, Palmira, v. 3, n. 1, p. 34-40, 2015.
- CORRÊA, C.T.R. **Constituição genômica e relações entre espécies de *Urochloa* P. Beauv.** 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em Botânica Aplicada) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

CUNHA, F.F.D. et al. Sistema radicular de seis gramíneas irrigadas em diferentes adubações nitrogenadas e manejos. **Acta Scientiarum**, Agronomy, Maringá, v. 32, n. 2, p. 351-357, 2010.

EUCLIDES, V.P.B. et al. Produção de forragem e características da estrutura do dossel de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1805-1812, 2008.

FIGUEIREDO, P.A.M. et al. Superação da dormência em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés com a utilização de auxina sintética e seu efeito no desenvolvimento inicial da planta. **Revista Mirante**, Anápolis, v. 7, n. 2, p. 145-156, 2015.

FISHER, M.J.; KERRIDGE, P.C. The agronomy and physiology of *Brachiaria* species. In: MILES, J.W. et al. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Campo Grande: Centro Internacional de Agricultura Tropical; EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1996.

FONSECA, D.M. et al. **Plantas forrageiras**. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010. 537p.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. Harlow: Longman Group, 1990. 203 p.

HOPKINSON, J.M. et al. Reproductive physiology, seeds production, and seed quality of *Brachiaria*. In: MILES, J.W. et al. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement**. Campo Grande: Centro Internacional de Agricultura Tropical; EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1996.

LARA, M.A.S. **Respostas morfofisiológicas de genótipos de Brachiaria spp. sob duas intensidades de desfolhação e modelagem da produção de forragem em função das variações estacionais da temperatura e fotoperíodo: adaptação do modelo CROPGRO**. 2011. 212 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

LEMES, H.H.L.C.; STACCIARINI, E. Germinação de sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes períodos de armazenamento e tratamento hormonal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 32, n.1, p. 21-28, 2002.

LEMPP, B. Anatomia de plantas forrageiras. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. (Ed.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013.

MALAVOLTA, E.; PAULINO, V. T. Nutrição mineral e adubação do gênero *Brachiaria*. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *BRACHIARIA*, 2., 1991. **Anais...**

NASCIMENTO JUNIOR, D. et al. Fatores que afetam a qualidade de plantas forrageiras. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. (Ed.). **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Gráfica Multipress, 2013.

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; CORSI, M. **Resposta de pastagens de capim-marandu em solo de cerrado à adubação com nitrogênio, em condições de sequeiro ou sob irrigação.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 14 p. (Comunicado Técnico, 54).

PEDREIRA, C.G.S.; MELLO, A.C.L.; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. **Anais...** p. 772-807.

PEREIRA, L.E.T.; POLIZEL, G.H.G. **Princípios e recomendações para o manejo de pastagens.** Pirassununga: USP, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, 2016. 30 p.

RAO, I.M; KERRIDGE, P.C.; MACEDO, M.C.M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: MILES, J.W. et al. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement.** Campo Grande: Centro Internacional de Agricultura Tropical; EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1996.

RENVOIZE, S.A.; CLAYTON, W.D.; KABUYE, C.H.S. **Morphology, taxonomy, and natural distribution of *Brachiaria (Trin.) Griseb.*** In: MILES, J.W. et al. (Ed.). **Brachiaria: biology, agronomy, and improvement.** Campo Grande: Centro Internacional de Agricultura Tropical; EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1996.

SALTON, J.C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo.** Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste, 2014. 5 p. (Comunicado Técnico, 198).

SANTOS, P.M. et al. Climatic risk zoning for corn and palisade grass (*Brachiaria brizantha* cv: Marandu) cultivated in integrated crop-livestock systems in São Paulo state, Brazil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.41, n.1, p. 36-40, 2012.

SANTOS, P.M. et al. Cenários agrícolas futuros para pastagens no Brasil. In: SOTTA, E.D. et al. **Estratégias de adaptação às mudanças do clima dos sistemas agropecuários brasileiros.** Brasília: MAPA, 2021. p. 96-97.

SBRISSIA, A.F. **Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastagens de *Cynodon spp.*** 2000. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SBRISSIA, A.F. **Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua.** 2004. 199 f. (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. p. 731-754.

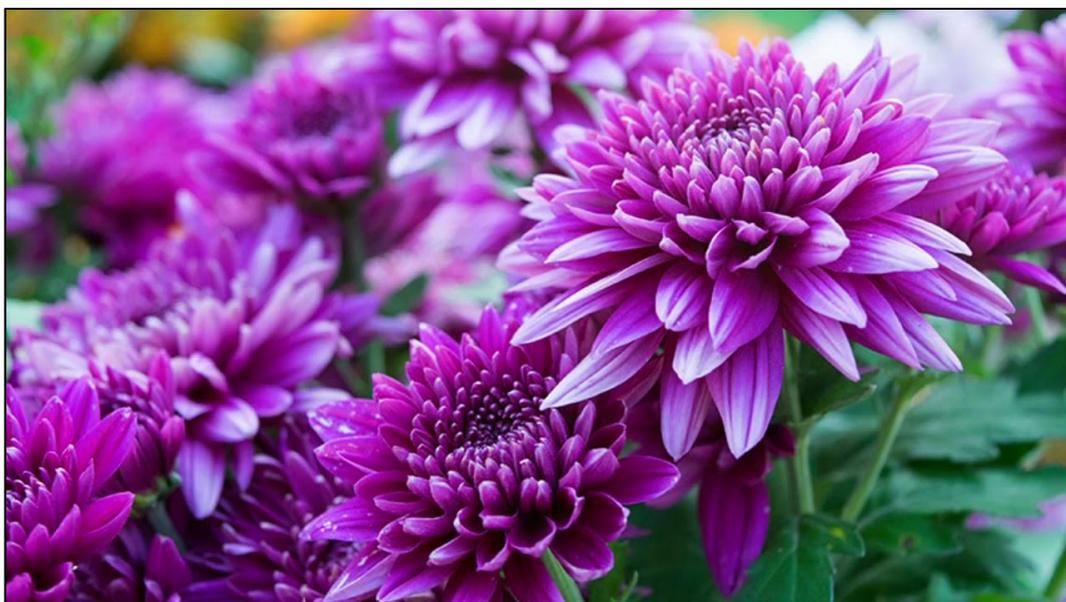
SENDULSKY, T. Chave para identificação de *Brachiaria*. **Agrocere**s, São Paulo, v. 56, n. 5, p. 4-5, 1977.

SILVA, A.B.; LANDGRAF, P.R.C.; MACHADO, G.W.O. Germinação de sementes de braquiária sob diferentes concentrações e giberelina. **Ciências Agrárias**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 657- 662, 2013.

SOUZA, D.P. **Consumo de água, relações hídricas e biométricas em dois sistemas de cultivo irrigado de *Urochloa brizantha* (Syn. *Brachiaria brizantha*) cv. Marandu**. 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017, 147 p.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

CRISÂNTEMO



CRISÂNTEMO (*Dendranthema grandiflora*)

Cristiane Calaboni

Marco Antonio Pereira de Ávila

1. Origem e distribuição geográfica

O crisântemo é uma planta originária do Extremo Oriente mais precisamente da China, onde é cultivado há mais de 2000 anos, sendo que se pode observar a presença dessas inflorescências nas porcelanas e sedas produzidas no país. Foi introduzido no Japão em 386 d.C. sendo adotado como símbolo nacional, onde aparece no brasão da família imperial, em selos e documentos oficiais. Em 1789 foi introduzido na Europa de onde se distribuiu para os demais continentes (Teixeira, 2004).

Segundo Teixeira (2004), desde sua chegada ao ocidente, o crisântemo passou por diversos processos de hibridização e esta é uma das razões de ser multiplicado vegetativamente. No passado, a França destacou-se na criação de novos cultivares, e na Inglaterra surgiram as primeiras variedades de inflorescências grandes e globosas. Atualmente, os Estados Unidos vêm se mostrando bem mais desenvolvidos na cultura (Petry, 2008). No Brasil, foi introduzido basicamente a partir de cultivares importadas da Europa,

Estados Unidos e Japão e desde os anos 70 já vêm sendo trabalhado em cultivos comerciais (Arruda et al., 1996).

Curiosamente, a palavra crisântemo tem origem grega sendo designada como “flor dourada” derivada de *chrysos* (ouro) e *anthemon* (flor). Considerada uma das flores mais populares do mundo, os crisântemos, juntamente com as rosas, cravos e gérberras fazem parte da base de praticamente todas as floriculturas (Gruszynski, 2001). Atualmente, existem centenas de variedades adaptadas às mais diferentes condições de cultivo e destinadas como flores de vaso, corte ou jardim (Gobato, 2013).

2. Classificação botânica

Pertencente à Família Asteraceae foi classificada como *Chrysanthemum morifolium* Ramat, a partir da qual derivaram a maioria das espécies. Foi renomeada como *Dendranthema morifolium* (Ramat.) Tzvelev e reclassificada como *Dendranthema grandiflora* Tzvelev (Anderson, 1987).

3. Morfologia e anatomia

O crisântemo é uma planta herbácea perene que apresenta sistema radicular fasciculado, de caule herbáceo, ramificado e pubescente, raramente com mais de 1 metro de altura, suas folhas são ovais e pecioladas, irregularmente recortadas e inseridas de maneira isolada em diferentes alturas da haste. A flor na verdade é uma inflorescência composta por minúsculas flores desenvolvidas a partir de um receptáculo ou capítulo, dispostas em regiões apicais ou axilares, constituída por discos centrais amarelos e lígulas (pétalas) de inúmeras cores, dependendo da variedade. A lígula corresponde à pétala da flor feminina, sendo este notavelmente o elemento decorativo, sendo que ao centro do capítulo encontram-se as flores hermafroditas (Borges, 1995).

De acordo com Tombolato (2004), as flores presentes nos receptáculos são de dois tipos (Figura 1): A ou B. O tipo A são flores que apresentam corola com lígula expandida, situadas nas bordas dos capítulos e erroneamente chamadas de pétalas. E o tipo B são bissexuais férteis e apresentam corola na parte central do capítulo.

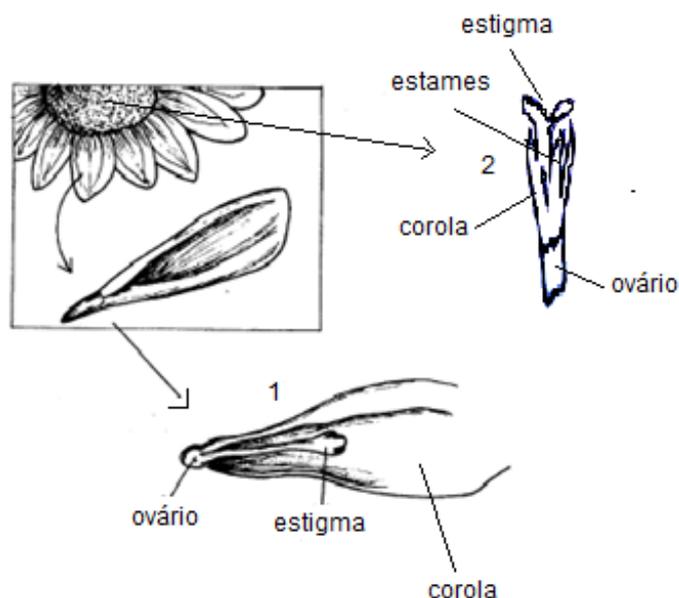


Figura 1. Número 1 indica a flor feminina (Tipo A), e o número 2 indica a flor bissexual (Tipo B) em detalhes (Adaptado de Teixeira, 2004).

Existe grande variação de formato entre os tipos de inflorescências e os nomes dados a elas estão relacionados às diversas formas das flores verdadeiras e ao modo de inserção em relação à base ou ao receptáculo. Os tipos mais comuns de inflorescências são: simples, margarida, anêmona, pompom, decorativa, bola e *spider* (Braga, 2006).

4. Propagação

O crisântemo pode ser propagado por sementes, estaquia apical, divisão de touceiras (rebentos) e também por cultura de tecidos. Entretanto, por serem híbridos, pode ocorrer segregação quando propagados por sementes e por este motivo essas plantas são propagadas em escala comercial assexuadamente a partir de estacas apicais (Kofranek, 1980).

A propagação por sementes exige mais cuidados nos tratamentos culturais e fitossanitários, oferecendo maiores riscos de insucesso, uma vez que a alta variabilidade genética pode gerar um padrão de plantas incompatível com a exigência do mercado. Portanto, esta técnica é corriqueiramente utilizada no melhoramento genético com o objetivo de se obter novas variedades através do processo de hibridação (Cuquel; Granja; Minami, 1992).

A propagação assexuada ou vegetativa é realizada utilizando-se segmentos vegetativos da planta, este método tem como vantagem a obtenção de clones, trazendo uniformidade às plantas, facilitando o trabalho, reduzindo o tempo de formação e produção das plantas com notável redução de custos (Bezerra, 1997). Em escala comercial, a maioria das plantas é obtida através do enraizamento de estacas apicais que são removidas de plantas matrizes,

mantidas em condições de dias longos para evitar a indução floral. São removidas estacas de 5 a 8 cm de comprimento e armazenadas a temperaturas de 3 a 8°C, por normalmente quatro semanas, dentro de sacos de polietileno para prevenir o ressecamento, ou colocadas em leito de areia ou casca de arroz carbonizada para enraizar, sendo necessário remover as folhas que possam ocasionalmente ficar enterradas (Tombolato, 2004).

Portanto, a estaquia é considerada uma eficiente técnica de propagação, inclusive pela grande quantidade de estacas obtidas a partir de um número reduzido de matrizes. Neste contexto, é importante frisar que para o sucesso da estaquia é necessário ter à disposição matrizes sadias, bem nutridas, desenvolvidas e homogêneas (Hartmann et al., 1997; Lemeire, 1964).

Quanto à propagação do crisântemo via rebentos, Cuquel, Granja e Minami (1992) relataram que é um método mais demorado, além de que existem grandes possibilidades de acúmulo de patógenos no material propagativo, tornando as plantas propensas a doenças e pragas, provocando iminente redução da produtividade.

Mediante a grande demanda de crisântemo no mercado, o alto valor da produção de mudas, aliado aos problemas de fitossanidade, a multiplicação *in vitro* ganhou espaço em sistemas tecnificados. Este método consiste na utilização de diferentes tipos de explantes podendo ser: meristemas, sementes ou embriões zigóticos, folhas, segmentos caulinares ou raízes, conferindo assim, formas de propagação assexuada. Esta técnica é viável principalmente para a produção de plantas matrizes sadias e que poderão ser utilizadas na propagação convencional. Devido ao alto nível tecnológico empregado quando comparado com as demais técnicas, a propagação *in vitro* se torna mais onerosa (Chagas et al., 2004; ITO, 2004).

5. Desenvolvimento de raízes

Embora o crisântemo seja uma planta de fácil enraizamento, os produtores têm efetuado aplicações de reguladores vegetais com o objetivo de obter maior precocidade e homogeneidade no enraizamento das estacas. Para aumentar o desenvolvimento do sistema radicular, a base da estaca é imersa em talco contendo de 1000 a 1500 ppm de IBA (ácido indolbutírico), pois o produto líquido pode tornar mais fácil a disseminação de doenças. As estacas enraízam em duas ou três semanas, dependendo da variedade e da época do ano, e já podem ser levadas para o plantio em canteiros, vasos ou serem armazenadas em câmara fria de 2 a 5°C (Cuquel; Granja; Minami, 1992).

Para enraizamento adequado é necessário que o substrato seja poroso, como por exemplo, casca de arroz carbonizada, areia, vermiculita, perlita ou esfagno. Estes devem ser esterilizados para evitar disseminação de patógenos, já que a sanidade é muito importante devido à quantidade de plantas nas estruturas de propagação, uma estaca infectada pode infectar rapidamente todo o grupo. Além disso, o substrato de enraizamento não pode ser compactado, assim as estacas podem ser removidas sem danos às raízes.

Durante o enraizamento das estacas, condições essenciais de temperatura, alta umidade relativa do ar (85 a 100%), sombreamento (70%), aeração e drenagem do meio de enraizamento, devem ser mantidos a fim de evitar apodrecimento ou murcha. Deve haver fornecimento de dias longos de forma contínua através de sistemas de iluminação e temperatura ao redor de 18°C. Temperaturas acima de 27°C induzem o desenvolvimento da parte aérea em detrimento das raízes (Tombolato, 2004).

6. Desenvolvimento do caule e das folhas

O desenvolvimento das plantas ocorre após a embriogênese, sendo que após a germinação da semente formam-se os primeiros órgãos (caule e raiz) como resultado da atividade dos meristemas apicais e radiculares. O meristema apical do caule forma, de maneira regular, as folhas, nós e entrenós. Os meristemas apicais em axilas de folhas podem produzir ramos axilares. Como resultado da atividade desses meristemas, a planta começa a apresentar um sistema de ramos no seu caule principal (Castro; Kluge; Peres, 2005).

No cultivo de crisântemo pode-se fazer o desponte apical para quebra da dominância apical e assim possibilitar o desenvolvimento de brotações laterais. A desponta é feita 8 dias após o plantio, removendo-se aproximadamente 1 cm da parte apical. Quando essas brotações estiverem com 2-3 centímetros de comprimento (15-20 dias) é feita a desbrota, deixando-se somente as duas melhores brotações, assim, cada muda dará origem a duas hastes floríferas. O procedimento mais comum é a retirada do botão apical, isto permite maior desenvolvimento, uniformidade de crescimento e abertura de botões laterais (Barbosa, 2003). De acordo com Garde et al. (2013), o desponte feito 15 dias após a estaquia, sob intensidade luminosa de 157 lux, resultou em maior número e massa de inflorescências, maior altura e melhor qualidade da planta em vaso.

Em crisântemos de vaso faz-se a poda apical, que consiste na remoção do ápice para quebrar a dominância apical e forçar o desenvolvimento de brotações laterais, este procedimento possibilita melhorar a harmonia da planta em relação ao vaso, além de produzir maior quantidade de inflorescências (Garde et al., 2013).

7. Efeitos de fatores ecológicos

A temperatura é uma das condições que determinam a taxa de desenvolvimento da cultura, podendo influenciar no período de crescimento necessário para atingir o ponto de colheita, interferindo na atividade fisiológica e bioquímica da planta, além de alterar os processos internos de transporte da seiva, assim modificando o desenvolvimento normal das plantas. Em se tratando do crisântemo, sabe-se que a temperatura ótima para o desenvolvimento vegetativo e florescimento da planta é de 18 a 25°C durante o dia e 16 a 18°C à noite. É importante frisar que temperaturas muito baixas (menores que 10°C) durante a noite, provocam má formação das flores e em temperaturas acima que 30°C, pode não haver indução floral. Sob temperaturas fora dos limites tolerados (3-30°C) têm-se a ocorrência de danos irreversíveis na planta, e fora do limite ótimo pode haver comprometimento da resposta ao fotoperíodo (Petry, 2008).

Não só a temperatura, mas a luminosidade, a umidade do solo e a umidade relativa do ar, interferem substancialmente no processo fotossintético, influenciando nas trocas gasosas e perdas de água para a atmosfera. O excesso de luminosidade, principalmente em determinadas etapas de desenvolvimento, pode ocasionar danos conhecidos como estresse oxidativo, ao passo que déficit luminoso pode ocasionar alterações metabólicas e morfológicas, gerando principalmente o estiolamento das plantas, interferindo assim na qualidade e no potencial produtivo nas diversas fases de desenvolvimento (Taiz; Zeiger, 2013). O excesso de umidade no ar por períodos prolongados pode criar um ambiente propício ao desenvolvimento de doenças que podem trazer danos às plantas, neste contexto, também é importante frisar que o excesso de umidade no solo ou substrato (cultivo em vasos) pode prejudicar o desenvolvimento do sistema radicular, bem como também propiciar o desenvolvimento e infestação de doenças.

8. Relações hídricas

A maior parte da água que é absorvida pelas raízes é perdida através da transpiração nas folhas. A água que foi perdida deve ser substituída para evitar que a planta morra por dessecação, e esta substituição nas plantas superiores pode ocorrer somente pelo fluxo de água a partir do solo. Esse fluxo é causado pela redução do potencial hídrico das folhas, resultante da transpiração, provocada pela baixa umidade relativa do ar (Castro; Kluge; Peres, 2005).

Dessa forma, a disponibilidade de água com qualidade e quantidade adequadas, juntamente com energia elétrica para acionar os sistemas de irrigação, são de extrema

importância para o sucesso da cultura. Sugere-se irrigação por aspersão baixa, gotejamento ou similares, de modo a não molhar a parte aérea e, se possível, cultivar em locais de baixa umidade relativa, para um melhor controle natural de doenças (Barbosa, 2003).

9. Solos, nutrição e micorrizas

Solos com baixa densidade, ricos em matéria orgânica, com boa drenagem e disponibilidade de nutrientes, são considerados ideais para o estabelecimento da cultura do crisântemo. O uso de substratos é muito comum, já que estas características em solos brasileiros são raras. Os substratos variam em composição e proporção, fornecendo misturas adequadas às plantas e os componentes diferem entre os produtores de acordo com a região, economicidade, disponibilidade, qualidade e uso. A estabilidade da estrutura e granulometria dos substratos são fatores de extrema importância, pois o macro e microporos influenciam diretamente na aeração e na umidade, além disso, a boa drenagem e a moderada capacidade de retenção de água e nutrientes evitam a salinização (Barbosa, 2003).

De acordo com Barbosa (2003), a escolha do substrato depende das características físicas e químicas do substrato, além da espécie que será cultivada e da sua adaptação a essas propriedades que afetam diretamente o desenvolvimento das plantas. As principais propriedades físicas e químicas dos substratos são:

9.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

A faixa adequada do substrato para crisântemo é de 5,5 – 6,0. Existe grande variação de pH entre os materiais utilizados como componentes do substrato. A Tabela 1 mostra os materiais comumente utilizados no cultivo de crisântemo no Brasil.

Tabela 3. Valores de pH de materiais utilizados como substratos no cultivo de crisântemo (Adaptado de Barbosa, 2003).

Substrato	pH
Casca de arroz carbonizada	7,1
Casca de café	5,5
Vermiculita	7,2
Areia	5,9
Argila expandida	7,7
Esterco de gado	7,6
Fibra de coco em pó	5,4
Esterco de galinha	7,5
Xaxim	4,0

9.2 Grau de decomposição

Esta propriedade é importante, pois fornece informações sobre a relação entre densidade e espaço poroso total. Quanto menos decomposto (maior tamanho das partículas), menor será a densidade aparente (D_a) e maior o volume total de poros (VTP). O VTP pode ser calculado usando-se a relação:

$$\text{VTP} = 100 - (D_a/DR)$$

Em que: D_a é a densidade global ou aparente e DR é a densidade real ou massa específica. A diferença entre o VTP estimado e o VTP determinado através de saturação por água, representa o volume de poros ocluídos, relacionado com o grau de desintegração das partículas, que é um fator determinante na manutenção ou alteração da porosidade durante o cultivo.

Geralmente utilizam-se misturas ricas em matéria orgânica, porém devido à decomposição e acomodação das partículas, estas misturas começam a reter grandes quantidades de água, reduzindo a disponibilidade de O_2 para as raízes e aumentando o risco de infecção por doenças do solo. Dessa forma, aconselha-se renovar a mistura a cada dois anos e o uso de materiais mais rígidos e com menor velocidade de decomposição, como por exemplo, casca de pinus.

9.3 Capacidade de troca catiônica

Os cátions minerais adsorvidos às superfícies das partículas do solo, os quais não são facilmente perdidos quando o solo é lavado pela água, proporcionam uma reserva de nutrientes disponível para as raízes (Taiz; Zeiger, 2013). O seu valor depende dos tipos de materiais ou misturas que são usados como meio de cultivo, se um determinado substrato possui boa reserva de nutrientes, estes podem ser fornecidos em menor quantidade, gerando maior economia.

9.4 Nutrição mineral

O teor de nutrientes pode ser medido pela condutividade elétrica (CE) em um extrato, quanto maior a condutividade elétrica maior será o teor de nutrientes no solo. São várias metodologias usadas para determinação da CE, podem ser usados peso ou volume. Para crisântemo é sugerido CE entre 700 a 1300 mS/cm.

Assim como todo cultivo, o crisântemo precisa de uma nutrição equilibrada para uma boa produção e retorno econômico. Taiz e Zeiger (2013), descrevem a importância dos principais nutrientes requeridos pela cultura:

9.4.1 Nitrogênio

Responsável pelo desenvolvimento vegetativo e florescimento. A deficiência causa amarelecimento das folhas mais velhas, redução do crescimento das folhas jovens, atraso no florescimento e diminuição do número de inflorescências. O nitrogênio é o nutriente exigido pelas plantas em maiores concentrações, serve como constituinte de diversos componentes da célula vegetal como: aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos.

9.4.2 Fósforo

Responsável pelo enraizamento e florescimento, importante para o desenvolvimento vegetativo. A deficiência causa redução do crescimento da planta, que adquire coloração verde-escura e posteriormente amarelada, acastanhada, secando completamente. O fósforo, como fosfato (PO_4^{-3}), é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo: fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, assim como os fosfolipídios que compõem as membranas celulares.

9.4.3 Potássio

Importante no desenvolvimento vegetativo e florescimento. A deficiência causa amarelecimento nas bordas das folhas intermediárias e formação de inflorescências defeituosas. O potássio está presente nos vegetais na forma de cátion K^+ , desempenhando um papel importante na regulação do potencial osmótico das células, além de ativar inúmeras enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese.

9.4.4 Cálcio

Elemento muito importante na formação dos tecidos vegetais, estando presente na parede celular em especial na lamela média, atuando na constituição dos fusos mitóticos durante a divisão celular. Considerado um mensageiro secundário podendo estar ligado à calmodulina no citosol das células vegetais, dessa forma atua na regulação desde o controle de transcrição e sobrevivência celular até a liberação de sinais químicos.

A sua deficiência é a que se manifesta com maior rapidez, apresentando amarelecimento acentuado nas folhas jovens, seguido do aparecimento de manchas marrons nas bordas das mesmas. Ocorrem escurecimento e deformidades nas inflorescências.

9.4.5 Magnésio

Em células vegetais os íons de Mg^{2+} têm um importante papel na ativação de enzimas envolvidas na respiração, fotossíntese e síntese de DNA e RNA, ainda estando presente como átomo central da molécula de clorofila, evidenciando assim sua grande importância na fotossíntese e desenvolvimento vegetativo.

Um sintoma característico da deficiência de magnésio é a clorose entre as nervuras das folhas mais velhas, em caso de deficiência acentuada, as folhas podem se apresentar amarelas ou brancas, podendo culminar com abscisão foliar prematura. Dentre os principais sintomas de deficiência pode ser observado o encurtamento dos entrenós em plantas jovens e a redução do florescimento.

9.4.6 Boro

Importante no desenvolvimento vegetativo e no florescimento, porém seu papel no metabolismo ainda não está bem elucidado. Evidências sugerem que o boro desempenha funções no alongamento celular, síntese de ácidos nucleicos, funcionamento de membranas e regulação do ciclo celular. Juntamente com o cálcio, o boro atua na estruturação da parede celular dando maior rigidez e resistência aos tecidos.

A deficiência de boro causa necrose escura nas folhas jovens, os caules ou hastes podem tornar-se rígidos e quebradiços, a dominância apical pode ser perdida o que induz a planta a se ramificar, os ápices se tornam necróticos devido à inibição da divisão celular. A deficiência ainda causa encurtamento dos entrenós, enrolamento das folhas, ineficiência na fecundação das flores e redução no tamanho das inflorescências.

Recomenda-se que a calagem e a adubação mineral sejam feitas de acordo com a análise do solo, esta deve ser efetuada no máximo a cada dois anos. A adubação orgânica é realizada incorporando-se em torno de 30 toneladas por hectare de esterco de curral bem curtido ou composto orgânico. Se não for possível a utilização dessas fontes de matéria orgânica, substituí-las por outras, porém sempre se respeitando as devidas proporções de nutrientes. Caso a matéria orgânica não esteja bem curtida, é necessário esperar de 20 a 30 dias para efetuar o plantio. Em solos novos, recomenda-se a utilização de matéria orgânica de origem vegetal, pois é menos agressiva aos microrganismos benéficos existentes no mesmo (Teixeira, 2005).

A adubação mineral é feita de acordo com os resultados da análise de solo, aplicando-se as doses de P e K indicadas na tabela abaixo:

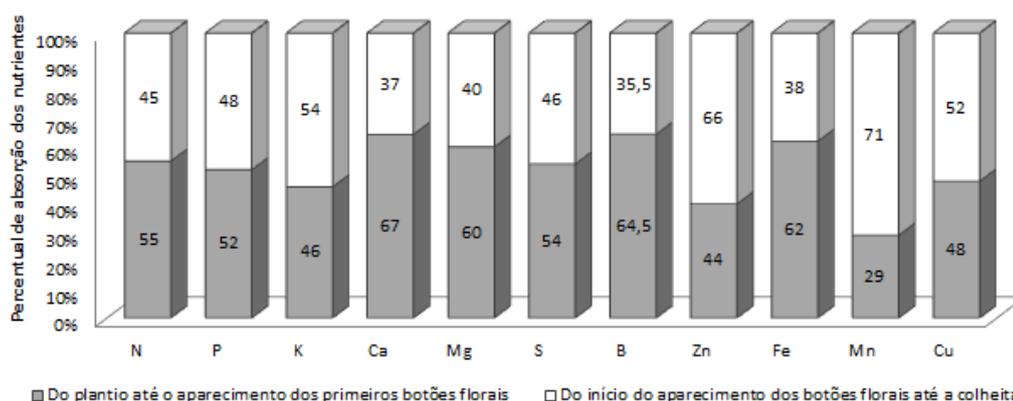
Tabela 4. Doses de P₂O₅ e K₂O de acordo com resultados de análises do solo (Adaptado de Teixeira, 2005).

Teor de P no solo (mg/dm ³)	Dose de P ₂ O ₅ (kg/ha)	Teor de K (mg/dm ³)	Dose de K ₂ O (kg/ha)
0-20	250	0 - 90	300
>20	100	91 - 135	200
		136 - 270	100
		> 270	0

As fontes de fósforo devem ser incorporadas juntamente com o adubo orgânico, já as fontes de potássio devem ser aplicadas por cobertura após a implantação da cultura, associadas às fontes de nitrogênio. Recomenda-se 120 kg de nitrogênio por hectare, parcelado no mínimo três vezes e de acordo com o ciclo dos cultivares.

No caso do cultivo em vaso, onde são utilizados pequenos volumes de substrato, é necessário aperfeiçoar suas características físicas e químicas para que forneçam um meio de desenvolvimento apropriado à planta durante todo o ciclo de produção até a chegada ao consumidor. Devem-se utilizar componentes inertes rígidos, como areia ou orgânicos com baixa taxa de decomposição, como a casca de pinus, para manter a relação aeração/umidade adequada (Ferraz; Centurion; Beutler, 2005).

A necessidade dos nutrientes na planta de crisântemo é diferente ao longo do ciclo da cultura, podendo assim ser dividida em dois estádios marcantes: do plantio das mudas até o aparecimento dos primeiros botões florais e do florescimento até a colheita (Figura 2).

**Figura 2.** Percentual da extração de nutrientes da cultura do crisântemo de acordo com o estágio de desenvolvimento (Adaptado de Rodrigues, 2013).

Em estudos, Rodrigues (2013) descreveu a demanda quantitativa por cada nutriente ao longo do ciclo da cultura do crisântemo, obtendo a seguinte sequência decrescente: N > K > P > Ca > S > Mg > B > Zn > Cu.

9.5 Relações hídricas

Para determinar a frequência de irrigação é importante ter conhecimento da capacidade de retenção e disponibilidade de água pelo substrato. Os diversos substratos apresentam diferentes proporções de água fraca e fortemente retida pelo meio, que é de grande importância em um programa adequado de irrigação. A aeração é extremamente necessária para que as raízes desempenhem suas funções de absorção de água e nutrientes (Barbosa, 2003).

Alguns cuidados devem ser levados em consideração antes de se efetuar o primeiro plantio em uma área nova, o preparo dos canteiros deve anteceder em um mês a data prevista para o início da cultura. O solo deve ser revolvido, destorroado e nivelado, posteriormente arado e após a aplicação de calcário deve-se realizar duas gradagens e próximo ao plantio faz-se a terceira gradeação. Caso o preparo seja feito logo após a colheita das flores do ciclo anterior, é necessário que seja efetuada limpeza, como a retirada de restos culturais, que são fontes de inóculo de pragas e doenças. É feita somente uma calagem e uma adubação com adubo orgânico por meio de incorporação manual ou mecanizada, a adubação química é realizada somente se necessário, de acordo com a análise do solo. A esterilização do solo deve ser feita preventivamente, uma vez ao ano. O canteiro deve ter 20 cm de altura para melhor exploração do solo pelas raízes e evitando encharcamento devido à irrigação constante, o que poderia desenvolver pragas e doenças (Tombolato, 2004).

9.6 Micorrizas

Os fungos micorrízicos, em termos de sobrevivência, tiram vantagem da parceria que mantêm com as plantas, em vez de terem de competir com todos outros organismos heterotróficos do solo pela matéria orgânica em decomposição, o fungo tem capacidade de se associar com as plantas e obter sua energia a partir de carboidratos advindos diretamente das células das raízes das plantas, em geral isso pode representar um custo de 5 a 30% do total de fotoassimilados produzidos pela planta. Por outro lado, as plantas recebem enormes e valiosos benefícios desta associação, pois as hifas dos fungos crescem penetrando no solo cerca de 5 a 15 cm a partir da raiz infectada, assim aumentando inúmeras vezes a superfície de absorção radicular promovendo aumento da capacidade de exploração do substrato (Brady; Weil, 2013).

Micorrizas elevam a capacidade da planta em assimilar o fósforo e nutrientes imóveis no solo, presentes em baixas concentrações na solução do solo, aumentando a absorção de água e tornando as plantas mais resistentes à seca. Em solos contaminados com metais

pesados as micorrizas protegem as plantas da absorção de substâncias potencialmente tóxicas e cumulativas, ainda tendo-se evidências científicas de que as micorrizas protegem as plantas contra certas doenças e nematoides presentes no solo, através da produção de antibióticos, alterando a epiderme da raiz e competindo com fungos fitopatogênicos (Brady; Weil, 2013). Vários resultados têm mostrado que a grande maioria dos fungos micorrízicos pode melhorar significativamente o conteúdo de N, P e K em raízes, folhas e pétalas de crisântemo (Kong et al., 2011).

Puschel, Rydlová e Vosátka (2014) acreditam que o efeito potencial mais desejado da inoculação de plantas ornamentais é a estimulação da floração, onde o efeito de fungos micorrízicos arbusculares é documentado para toda uma série de espécies de plantas, incluindo espécies de crisântemo (Vaingankar; Rodrigues, 2012). Para Perner et al. (2007), a hipótese da ação benéfica da colonização micorrízica, pode ser direta ou indireta (através da alteração do nível de nutrientes nas plantas) influenciando no equilíbrio dos hormônios vegetais que interferem em processos fisiológicos, incluindo no florescimento.

Notavelmente a inoculação com fungos micorrizos em espécies de plantas ornamentais pode otimizar a produção, promovendo o melhor crescimento da planta hospedeira em função da maior eficiência em absorção de nutrientes e água, resultando no aumento de produtividade do viveiro e a relativa diminuição de gastos com fertilizantes e agroquímicos, tornando mais sustentável a atividade (Maronek, 1981).

10. Fotossíntese e translocação

Durante a fotossíntese, a planta utiliza a energia solar para oxidar a água e reduzir o dióxido de carbono, neste processo libera o oxigênio e forma carboidratos, principalmente açúcares (Taiz; Zeiger, 2013). Estes fotoassimilados são distribuídos pela planta através do floema, que consiste em uma trama complexa de elementos condutores e células do parênquima, estabelecendo continuidade através dos caules, folhas e raízes. O carregamento do floema ocorre na região de produção dos carboidratos, as fontes, e são descarregados nos drenos como frutos, sementes, tubérculos e raízes tuberosas (Castro; Kluge; Peres, 2005).

Os níveis e o transporte desses assimilados estão estreitamente relacionados com estímulos vindos das folhas. Durante o desenvolvimento vegetativo, os níveis de carboidratos são baixos nos ápices, enquanto que na iniciação floral estes são requeridos em grandes quantidades. Esses níveis de fotoassimilados controlam diversos eventos da indução, como aumento da taxa de divisão celular, tamanho do meristema e crescimento dos meristemas laterais. Plantas que possuem o florescimento controlado pelo comprimento do dia (plantas de

dia curto e plantas de dia longo) e pela temperatura (vernalização), apresentam aumento na concentração de fotoassimilados nos ápices após a indução do florescimento, o que mostra a importância da fotossíntese na diferenciação das gemas vegetativas em reprodutivas (Taiz; Zeiger, 2013).

11. Florescimento

As flores constituem um conjunto complexo de estruturas especializadas que diferem do corpo vegetativo da planta, na forma e nos tipos celulares. Assim, a transição para o florescimento proporciona alterações radicais no destino das gemas apicais, levando ao desenvolvimento de órgãos florais como, sépalas, pétalas, anteras e carpelos (Taiz; Zeiger, 2013).

De acordo com Meyer (1965), as primeiras fases de transformação de um meristema vegetativo em floral são alterações fisiológicas que originam, nas células meristemáticas, condições metabólicas que modificam completamente o tipo de diferenciação do meristema. O autor acrescenta ainda que o período de tempo que um meristema permanece no estado vegetativo, antes de se tornar um meristema floral varia de uma espécie para outra, sendo condicionado em parte por fatores genéticos e, em parte, por fatores ambientais. Em algumas espécies, o meristema transforma-se num primórdio floral a partir do qual se desenvolve a inflorescência.

Os fatores endógenos que estão intimamente relacionados ao florescimento são as manifestações gênicas, os hormônios vegetais, a idade da planta, carboidratos, condição nutricional e os ritmos circadianos. Os principais fatores externos são luz e temperatura. Na fase juvenil, as plantas são insensíveis aos fatores que promovem o florescimento e esta fase pode durar dias, como em crisântemo, ou até anos, como em coníferas. Existem plantas sensíveis ao comprimento do dia, outras necessitam de baixas ou altas temperaturas para florescimento, como o lírio e a cana-de-açúcar respectivamente, e outras são autônomas na fase madura, ou seja, não dependem de condições ambientais e florescem normalmente, desde que as condições de desenvolvimento sejam favoráveis (Barbosa, 2003).

Segundo Gruszynski (2001), o crisântemo é uma cultura sensível ao fotoperíodo, para este tipo de planta existe o chamado fotoperíodo crítico, que corresponde ao exato comprimento do dia capaz de alterar o comportamento da planta, mudando a sequência da formação de folhas para a formação de gemas florais. No entanto, o fator decisivo para a alteração desse comportamento é justamente o período escuro, sendo assim, uma planta de

dias curtos (PDC) reage a noites longas, ao passo que uma planta de dias longos (PDL), reage a noites curtas (Taiz; Zeiger, 2013).

O crisântemo é uma planta de dia curto (PDC), com fotoperíodo crítico de 13 horas, e cresce (vegeta) quando há comprimento do dia maior que 13 horas. Sob comprimento do dia abaixo de 13 horas, haverá indução ao florescimento (Barbosa, 2003). O esquema abaixo ilustra de modo prático a distribuição dos dias para a produção de crisântemo para flor de corte:

Plantio 35 – 45 DL + 30 - 35DC + 30 - 35 Dias Normais = Colheita

Para indução do desenvolvimento vegetativo utiliza-se iluminação artificial para simulação de dias mais longos. O fornecimento de dias longos pode ser dado de duas maneiras (Tombolato, 2004):

- Sistema com fornecimento de luz de forma contínua: lâmpadas acesas das 16 às 20 horas, ou então das 4 às 8 horas, aumentando assim de forma contínua a quantidade de horas de luz do dia.

- Sistema com período de escuro interrompido: esse sistema pode ser usado de duas formas: (1) Interrupção do período de escuro de forma contínua – as lâmpadas são acesas das 22 às 2 horas da manhã; (2) Interrupção do período de escuro de forma intermitente – o período de escuro é interrompido por períodos de luz, por exemplo, 10 minutos a cada 30 minutos, normalmente das 21 às 5 horas.

Para que não ocorra a indução floral precoce, as plantas não devem ficar mais de quatro horas consecutivas no escuro. As lâmpadas utilizadas são do tipo incandescente, não é indicada a utilização das lâmpadas fluorescentes, já que estas não emitem o comprimento de onda adequado para o controle fotoperiódico do crisântemo. Um exemplo de planejamento do sistema de iluminação é a utilização de lâmpadas de 100W a cada 2 metros quadrados, alcançando uma média de 1000 lux. Após o período de dias longos (4 a 6 semanas) as plantas devem ser mantidas em dias curtos (Tombolato, 2004). É importante a determinação da intensidade luminosa adequada para cada cultivar ou grupo de cultivares geneticamente semelhantes, onde a variabilidade genética se deve, na maioria das vezes, somente a diversidade de cores da inflorescência.

Durante a fase reprodutiva há necessidade de um sistema de escurecimento para fornecer dias curtos. Isto é feito com a utilização de cortinas de pano ou plástico preto, sustentadas por uma armação de ferro, ou mesmo de madeira, que possa fechar canteiros

individuais ou mesmo a estufa toda. Devem-se fornecer dias curtos, não ultrapassando 10 horas de luminosidade, até os botões florais apresentarem cor (Tombolato, 2004).

Para crisântemos de vaso, o fornecimento de dias longos é feito de maneira semelhante ao crisântemo de corte, utilizando-se somente menor número de dias, que varia em função do comprimento final das plantas. Neste caso, é necessário porte harmônico, grande número e qualidade das flores. Para mudas, o número de dias varia de 12-17, dependendo da variedade, época do ano e sistema de poda. Quando as estacas são colocadas diretamente no vaso, o dia longo tem início por volta dos 15-20 dias após o plantio. O dia curto deve ser aplicado pelo uso do pano ou plástico preto, e pode ser utilizado até o início da abertura das flores ou quando todos os botões florais estiverem induzidos (Barbosa, 2003).

Tabela 3. Esquema de simulação artificial de fotoperíodo para o cultivo do crisântemo.

Semanas de cultivo	1-2-3-4	5-6-7-8	9-10-11-12-13-14-15-16...
Processo fisiológico	Enraizamento	Crescimento	Indução floral
			(desenvolvimento da flor até a colheita) (Adaptado de Petry, 2008).
Fotoperíodo	Dia longo		Dia curto
Horas de Luz	13 horas de luz		13 horas de luz

12. Zoneamento agroclimático e adaptação ao meio ambiente

O crisântemo é uma planta sensível às variações ambientais, principalmente quanto ao fotoperíodo, temperatura e disponibilidade hídrica. Em regiões onde as condições climáticas são adequadas ao desenvolvimento da cultura, o crisântemo pode ser cultivado a céu aberto, porém estando susceptível às adversidades climáticas que podem gerar danos à produção e qualidade das flores (Barbosa et al., 2005). Assim, o cultivo comercial, na grande maioria das regiões, é realizado em ambiente protegido (estufas), permitindo assim buscar as condições mais adequadas possíveis ao pleno desenvolvimento da cultura, de modo a evitar que condições adversas possam comprometer o desempenho fisiológico e morfológico das plantas, de modo a obter maior qualidade e produtividade, maximiza lucros, mantendo a competitividade no setor, além de suprir a exigente demanda do mercado.

13. Estratégias para altas produções

O crisântemo contribuiu constantemente para a evolução do setor da floricultura, incorporando no dia-a-dia dos produtores a necessidade de evoluir as técnicas, trazendo assim novidades para o setor produtivo. Visando melhores índices produtivos e conquista de novos

mercados, o emprego de novas tecnologias e conceitos de planejamento de produção são cada vez mais utilizados pelos produtores tecnificados.

O cultivo em casas de vegetação equipadas com sistemas automatizados de controle artificial de fotoperíodo, temperatura, umidade e luminosidade, são artifícios tecnológicos disponíveis que contribuem substancialmente com o aumento de produtividade e uniformidade de floração, bem como na qualidade das flores.

Deve-se ter o correto manejo da adubação, de modo a fornecer a quantidade adequada e equilibrada de nutrientes às plantas no momento certo, de modo coerente com a marcha de absorção de nutrientes da cultura. É relevante o uso e manejo adequado da irrigação (indispensável em cultivo protegido), mantendo a disponibilidade real de água no solo dentro dos parâmetros exigidos para a cultura, sendo fundamental para ganhos em produtividade e qualidade, evitando assim estresse por déficit ou excesso de água no solo ou substrato (Beckmann-Cavalcant et al., 2009).

O uso da biotecnologia com métodos de propagação *in vitro*, na produção de plantas matrizes sadias, visando à produção de material vegetal propagativo de qualidade superior, pode fornecer mudas vigorosas, sadias e de maior potencial produtivo.

14. Efeitos de reguladores vegetais

Os reguladores vegetais são substâncias endógenas que, quando aplicadas exogenamente, possuem formas de ação semelhantes às das dos hormônios vegetais endógenos, como auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores, inibidores e etileno (Castro; Kluge; Peres, 2005).

As auxinas estão envolvidas em diversos processos fisiológicos como, alongamento do caule, dominância apical, formação da raiz, desenvolvimento de frutos, desenvolvimento de meristemas e crescimento orientado ou tropismo (Taiz; Zeiger, 2013). Em crisântemo, utiliza-se auxina para enraizamento das estacas, onde pode ser aplicada de forma líquida ou sólida. A base da estaca é imersa em talco contendo de 1000 a 1500 ppm de IBA (ácido indolbutírico), pois o produto líquido pode tornar mais fácil a disseminação de doenças. As estacas enraízam em duas ou três semanas, dependendo da variedade e da época do ano, e já podem ser levadas para o plantio em canteiros, vasos ou serem armazenadas em câmara fria de 2 a 5°C (Cuquel; Granja; Minami, 1992).

As estacas de crisântemo são de fácil regeneração, assim não é necessária aplicação de reguladores vegetais para que o enraizamento ocorra. Porém alguns produtores aplicam IBA

para aumentar o número de raízes, melhorar sua uniformidade e reduzir o tempo de enraizamento das estacas (Barbosa, 2003).

Segundo Hartmann (1997), as auxinas são os reguladores vegetais com maior eficiência na promoção do enraizamento, cujo principal efeito está ligado à sua ação sobre a iniciação dos primórdios radiculares. Quando a auxina é aplicada em segmentos do caule, o transporte polar causa um rápido acúmulo da substância na porção basal, e, após algum tempo, a auxina acumulada nesse local poderá promover a produção de uma dilatação ou calo, com muitas células, formando novos centros meristemáticos ou ativando meristemas existentes que induzem a formação de raízes.

15. Senescência e aproveitamento de resíduos

Durante o outono, nas regiões temperadas, é possível observar grandes mudanças na coloração das folhas que precede sua queda nas árvores caducifólias. Este fenômeno ocorre devido aos comprimentos do dia mais curtos e temperaturas mais baixas que desencadeiam processos de desenvolvimento conhecidos como senescência. Embora esta leve à morte celular, é diferente da necrose que é ocasionada por danos físicos, defensivos ou outros impactos externos. A senescência é um processo de desenvolvimento dependente de energia que é controlado por fatores ambientais com programas intrínsecos geneticamente regulados (Taiz; Zieger, 2013).

De acordo com Barbosa (2003), após a colheita, alterações bioquímicas, fisiológicas e estruturais levam a um processo de desorganização e desagregação dos tecidos e órgãos, ou seja, levam à senescência. Este processo é irreversível, porém sua velocidade pode ser reduzida sob condições ambientais específicas.

Principais alterações fisiológicas ocorridas durante a senescência (Barbosa, 2003):

15.1 Água disponível

O fim da vida de uma flor cortada em um vaso é caracterizado pelo murchamento das hastes e pétalas devido ao desequilíbrio hídrico entre a taxa de transpiração e de absorção de água pela haste cortada. A perda de turgescência leva à curvatura das flores, devido a pouca lignificação dos tecidos das hastes próximos às flores. Para aumentar a condutividade hídrica e reduzir o crescimento microbológico, recomenda-se a utilização de água esterilizada, isenta de gases, acidificada e com presença de adjuvantes.

15.2 Suprimento de carboidratos

Alterações na integridade das membranas celulares e no potencial osmótico são fatores importantes que aceleram a deterioração das flores. Recomenda-se a adição de açúcares em pulsos ou na solução do vaso, mantendo assim a integridade das membranas e o potencial osmótico das células, o que aumenta a longevidade do crisântemo.

15.3 Etileno e respiração

O etileno é o hormônio vegetal que mais se destaca em acelerar o processo de senescência das flores. Plantas sujeitas a condições ambientais como extremos de temperatura, estresse hídrico e danos mecânicos, apresentam aumento na sensibilidade ao etileno. O crisântemo tem pouca sensibilidade à presença deste gás, porém, quando presente na atmosfera causa amarelecimento das folhas.

Na produção de crisântemos em vaso, geralmente não se observa o acúmulo de resíduos no local de cultivo, pois nesse caso toda a planta é destinada ao mercado e o consumidor leva para casa a planta inteira na forma de vaso. No entanto, alguns resíduos podem ser gerados a partir de descartes, plantas doentes e mal desenvolvidas ou que não floresceram plenamente, assim, estes materiais podem ser realocados dentro do próprio sistema produtivo por meio da compostagem.

Já no cultivo do crisântemo de corte, onde as plantas são cultivadas diretamente no solo, mais precisamente em canteiros, os resíduos e restos culturais, como partes de caules e raízes, são destinados à compostagem com o intuito de produzir um composto orgânico para ser adicionado no preparo dos canteiros. É importante se atentar à possibilidade destes resíduos serem potencialmente fonte de inóculos de doenças do ciclo anterior da cultura, neste caso, a compostagem é uma boa alternativa a ser adotada.

Referências

ANDERSON, N.O. Reclacifications of the genus *Chrysantemum* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 313, 1987.

ARRUDA, S.T. et al. Sistema de cultivo e custos de produção de crisântemo em vaso: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 31-38, 1996.

BARBOSA, J.G. **Crisântemos**: produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso, cultivo hidropônico. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

- BARBOSA, J.G. et al. Cultivo de crisântemo de corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 36-43, 2005.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M.Z. et al. Soluções nutritivas no desenvolvimento do crisântemo cultivado em vaso. **Irriga**. Botucatu, v. 14, n. 2, p. 205-219, 2009.
- BORGES, A. **Flores: o cultivo da cor**. São Paulo: MC Comunicação, 1995. 96 p.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- BRAGA, F.T. **Ambiente de cultivo e propagação *in vitro* de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev cv. Rage): características anatômicas e fisiológicas**. 2006. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- CASTRO, P.R.C. e; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.
- CHAGAS, E.A. et al. *In vitro* multiplication of chrysanthemum White Polaris. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, p. 123-126, 2004.
- CUQUEL, F.L.; GRANJA, N.P.; MINAMI, K. Avaliação do enraizamento de estacas de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* L.) cv. White Reagan 606 tratadas com ácido indolbutírico (IBA), **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 15-22, 1992.
- FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.
- GARDE, G.P. et al. Data de desponte apical e intensidade luminosa no crescimento e qualidade de crisântemo de vaso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 659-663. 2013.
- GOBATO, D. **Viróides em crisântemo: levantamento, identificação, caracterização, avaliação de fontes de resistências e métodos de diagnóstico**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado em Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) - Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios São Paulo, 2013.
- GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos de vaso, corte e jardim**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 166 p.
- HARTMANN, H. T. **Plant propagation: principles and practices**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1997. 770 p.
- ITO, M.R. **Cultura de tecidos em crisântemo (*Dendanthrema grandiflora* Tzvelev)**. 2004. 56 f. Monografia (Especialização em Culturas de Tecidos de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- KOFRANEK, A.M. Cut chrysanthemum. In: LARSON, R.A. (Ed.). **Introductory floriculture**. New York: Academic Press, 1980. p. 5-45.

KONG, P. et al. Effect of different arbuscular mycorrhizal fungi strains on mineral nutrition and antioxidant enzymes of *Chrysanthemum morifolium*. **Agricultural Science and Technology**, Stara, v. 12, n. 10, p. 1477-1480, 2011.

LEMEIRE, P. **Mis crisântemos**. Barcelona: G. Gil, 1964. 36 p.

MARONEK, D.M. Mycorrhizal fungi and their importance in horticultural crop production. **Horticultural Review**, Westport, v. 3, p. 172-212, 1981.

MEYER, B.S.; ANDERSON, D.B.; BOHNING, R.H. **Introdução à fisiologia vegetal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1965. 564 p.

PERNER, H. et al. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of *Pelargonium* plants. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 17, p. 469-474, 2007.

PETRY, C. Cultivo do crisântemo. In: PETRY, C. et al. (Ed.). **Plantas ornamentais: aspectos para produção**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008.

PUSCHEL, D.; RYDLOVÁ, J.; VOSÁTKA, M. Can mycorrhizal inoculation stimulate the growth and flowering of peat-grown ornamental plants under standard or reduced watering? **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 80, p. 93-99, 2014.

RODRIGUES, M.A. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes de crisântemo (*Dendrothema grandiflora*, Tzvelev.) cultivado em vaso**. 2013. 191 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APGIII**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2012. 768 p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, A.J. **A cultura do crisântemo de corte**. Nova Friburgo: EMATER, 2004. 42 p. Disponível em: <<http://www.espacodoagricultor.rj.gov.br/index.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2014.

TOMBOLATO, A.F.C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. 211 p.

VAINGANKAR, J.D.; RODRIGUES, B.F. Screening for eficiente AM (arbuscular mycorrhizal) fungal bioinoculants for two commercially important ornamental flowering plant species of Asteraceae. **Biological Agriculture & Horticulture**, London, v. 28, p. 167-176, 2012.

GLADIÓLO



GLADIÓLO (*Gladiolus* sp.)

Bruna do Amaral Brogio

Yane Caroline dos Anjos Bezerra

1. Origem e distribuição geográfica

A palma-de-Santa-Rita, também conhecida como gladiólo (*Gladiolus* sp.) é uma importante flor de corte, comercializada principalmente na época de finados, no Brasil (Streck et al., 2012). Seu histórico de cultivo data desde os períodos gregos e romanos, quando era considerado o símbolo de vitória nas batalhas dos gladiadores, devido a este fato, seu nome deriva de *gladius*, que significa ‘espada’, correspondente ao formato lanceolado de suas folhas, terminando em ponta (Barbosa, 2011).

De origem das bacias do mediterrâneo e da África Meridional, a maioria das espécies são de procedência africana, compreendendo espécies nativas tanto da África, como de Madagascar, Europa, Arábia e oeste da Ásia. Muitas espécies foram introduzidas na Inglaterra, entre os séculos XVI e XVII, onde foram realizados diversos cruzamentos que foram responsáveis pela origem de numerosos híbridos, os quais mais tarde, por volta de

1870, foram introduzidos nos Estados Unidos, que devido ao grande interesse, originou em 1910 a American Gladiolus Society. Posteriormente, essas novas variedades foram disseminadas na Holanda e para os demais países (Barbosa, 2011).

No Brasil, a história do gladiólo se iniciou na cidade de Holambra, considerada a capital das flores no país. Um casal holandês foi responsável pelo processo de introdução da cultura do gladiólo no Brasil. Klaas e Gemma Schoenmaker deixaram seu país de origem em 1950, dirigindo-se ao Brasil, trazendo com eles bulbos holandeses de gladiólos. Por se tratar de espécies de cores mais variadas e hastes mais longas do que as encontradas no Brasil, logo conquistaram os consumidores brasileiros, originando e consolidando o grupo Terra Viva principal empresa produtora de gladiólos no país. Simultaneamente, colônias japonesas também ingressaram na produção de gladiólos em regiões próximas à cidade de São Paulo, contribuindo ainda mais para a popularização dessa flor (Tombolato et al., 2010).

2. Classificação botânica

As espécies de gladiólos pertencem ao maior gênero de monocotiledôneas petaloides conhecido, o gênero *Gladiolus*. São mais de 250 espécies oriundas de diversos cruzamentos que deram origem às espécies desse gênero pertencentes à Ordem Asparagales, Família Iridaceae. O híbrido *Gladiolus x grandiflorus* L. é o principal representante do gênero, apresentando diferentes variedades botânicas com diferentes formas, tamanhos e cores (Tombolato et al., 2005). A classificação botânica das espécies de gladiólos é descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação botânica das espécies de gladiólos.

Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordem	Asparagales
Família	Iridaceae
Gênero	<i>Gladiolus</i>

3. Morfologia

Os gladiólos são plantas herbáceas de clima tropical e subtropical que se desenvolvem de gemas axilares de bulbos, denominados cormos, sendo, portanto, desprovidos de um caule

verdadeiro, o que é uma característica marcante para essas plantas. O cormo possui uma estrutura sólida e forma arredondada levemente achatada, com orientação vertical e brotação a partir do centro do ápice, coberto por túnicas (restos da base de folhas da planta que já se formou), conforme a Figura 1.

A planta possui vários nós com gemas (Figura 2) e é carregado de substâncias de reservas, principalmente amido (Monge, s/d). As folhas são alongadas, lanceoladas, possuem uma cutícula cerosa, nervuras paralelinérveas e partem da base do cormo, variando em número de uma a doze (Figura 2).

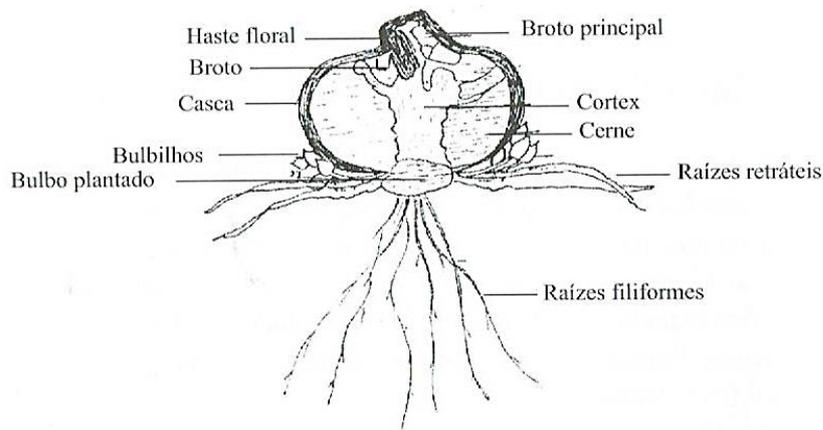


Figura 1. Corte transversal de bulbo de gladiolo (Adaptado de Monge, s/d.).

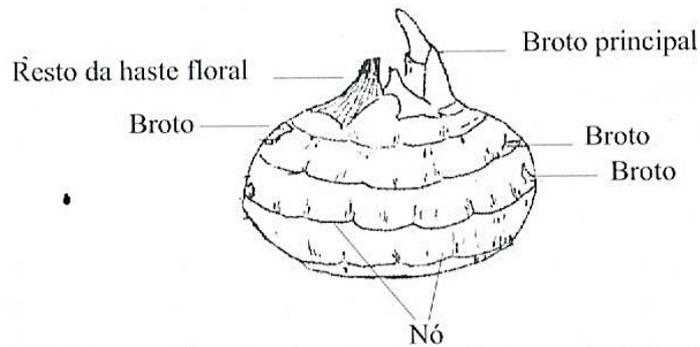


Figura 2. Bulbo de gladiolo, evidenciando o nó (Adaptado de Monge, s/d.).

A parte comercial do gladiolo é uma inflorescência do tipo espiga que contém vários floretes que podem apresentar uma variedade de cores como branco, amarelo, vermelho, lilás e verde. As flores são bissexuais, sésseis, cada uma delas rodeada por uma bráctea e uma bractéola. As pétalas e sépalas dão origem a um perianto com simetria bilateral, tubular, com 6 lóbulos desiguais. O gineceu consiste de um estigma trilobado, um estilete liso e ovário ínfero, que contém entre 50 e 100 óvulos, os quais amadurecem trinta dias após a fertilização.

O androceu é constituído por 3 estames nascendo no tubo do perianto. Quando formados, os frutos apresentam formato de cápsulas com sementes aladas (Tombolato et al., 2005; Streck et al., 2012).

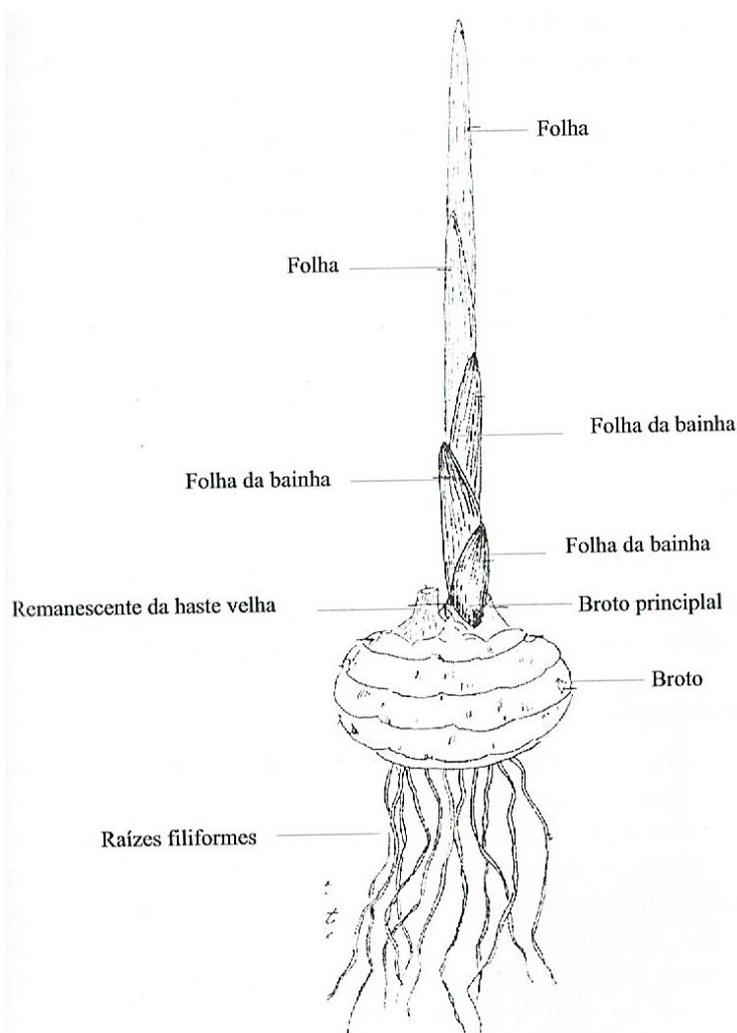


Figura 3. Bulbo de gladiolo após brotação principal, contendo folhas, brotos e raízes (Adaptado de Monge)

4. Propagação vegetativa

Por se tratar de uma espécie alógama, a propagação por sementes se concentra apenas para fins de melhoramento, enquanto a propagação vegetativa se destina ao cultivo comercial do gladiolo (Barbosa, 2011). O gladiolo é propagado por meio de sua estrutura vegetativa, o bulbo ou cormo. Os bulbos possuem diversas dimensões e são classificados comercialmente em pequenos, médios, grandes e bulbilhos (Figura 4). Seus distintos tamanhos estão diretamente relacionados ao tamanho das inflorescências, portanto bulbos de maior tamanho resultam em inflorescências com maior comprimento de hastes, por isso para produção

comercial de flores são utilizados somente bulbos de tamanho grande e médio (Paiva et al., 1999).

Já os bulbos classificados como pequenos e os bulbilhos são destinados à produção de novos bulbos, pois a cada ciclo de produção são originados bulbos de tamanhos maiores, ou seja, um bulbilho quando cultivado produzirá bulbos pequenos, os bulbos pequenos por sua vez, originarão bulbos de tamanho médio e assim sucessivamente, até a formação de bulbos grandes (Paiva et al., 1999).

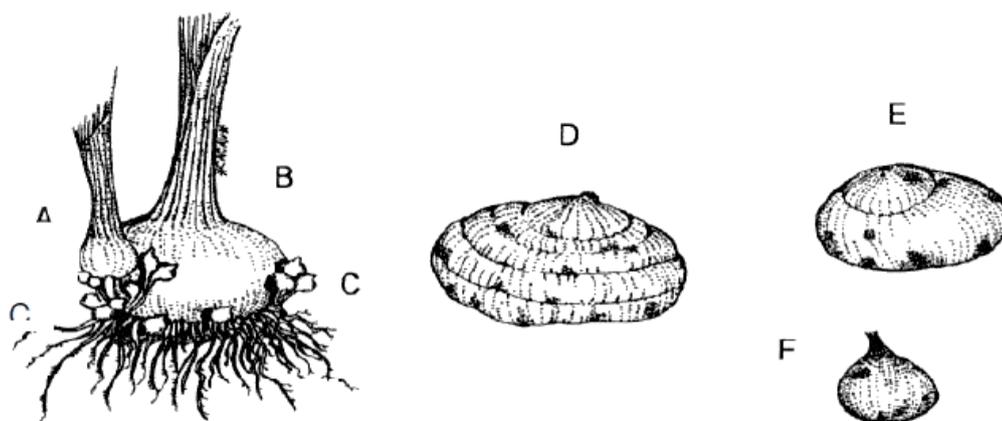


Figura 4. Classificação dos bulbos de gladiolos: A – em formação; B – bulbo “velho”; C – bulbilhos em formação; D – bulbo grande; E – bulbo médio; F – bulbilho (Adaptado de Paiva et al.,1999).

4.1 Dormência de bulbos

Existe uma grande controvérsia quanto aos mecanismos fisiológicos envolvidos nos processos de dormência das plantas bulbosas, principalmente devido à escassez de estudos. De uma forma geral, a dormência de bulbos pode-se caracterizar pela ausência do intumescimento de suas gemas (ausência de crescimento visível das regiões meristemáticas). As relações hormonais que ocorrem nos bulbos podem desencadear os processos de brotação ou indução à dormência. No bulbo dos gladiolos, quando as relações hormonais estão favoráveis às giberelinas e às citocininas ocorre a superação da dormência, propiciando a brotação das gemas, enquanto as giberelinas também podem atuar como limitantes ao processo, quando em concentrações desfavoráveis, não promovem a brotação das gemas (Barbosa, 2011).

A dormência de gladiolos é naturalmente regulada pelo frio e pelo balanço hormonal, e pode ser superado pela exposição dos bulbos às baixas temperaturas, choque térmico, lixiviação, drenagem em água quente, ou por meio de tratamento com reguladores vegetais como ácido abscísico, giberelina, citocinina e etileno (Barbosa, 2011).

O ácido abscísico é o principal regulador endógeno da dormência de bulbos em gladiolo, sendo que a quantidade deste inibidor varia com o tempo e a temperatura na qual o bulbo foi armazenado (Hosoki, 1985).

Hosoki (1984), avaliando o tratamento com água quente em plantas ornamentais, verificou que o tratamento com água a 46°C, por uma hora, dobrou a taxa de brotação de bulbos de gladiolo em comparação ao controle. Num estudo da relação da associação entre o armazenamento a frio e a exposição de bulbos a água quente, Ginzburg e Salomon (1986), observaram que o armazenamento de bulbilhos de gladiolos por oito semanas na temperatura entre 5 a 10°C e posterior tratamento com água quente proporcionou 100% de superação da dormência.

A superação natural da dormência dos bulbos dos gladiolos ocorre pela sua exposição ao frio durante o inverno, pois é nesta época do ano, em que ocorre a quantidade suficiente de frio para a síntese de indutores de brotação das gemas (giberelinas) e redução da concentração do inibidor ácido abscísico. Como a resposta ao frio é quantitativa, a superação natural da dormência de bulbos de gladiolos é desvantajosa, pois além de prolongar o ciclo da cultura, proporciona desuniformidade de brotação e florescimento, em razão da variação da intensidade de frio de região para região e de ano para ano, em um mesmo local (Barbosa, 2011).

A superação artificial da dormência de bulbos e bulbilhos de gladiolo possibilita o encurtamento do ciclo da cultura, programação do plantio de acordo com o mercado, e a produção de flores e bulbos durante o ano todo. Em um cultivo comercial, a superação da dormência de bulbos e bulbilhos é realizada pela exposição ao frio artificial em câmara fria. Para isso, as estruturas propagativas são armazenadas por 25 a 30 dias, a 5°C. A dormência é constatada pelo intumescimento das gemas e início da emissão de raízes. Após a superação da dormência, os bulbos e bulbilhos já podem ser plantados ou expostos a temperatura ambiente (Barbosa, 2011).

4.2 Brotação dos cormos, desenvolvimento de raízes e folhas, florescimento e senescência

O bulbo do gladiolo pode passar por um período de dormência (S0), para que ocorra a sua brotação é necessário que esta dormência seja superada. Para isso, os bulbos devem ser armazenados a frio, por volta de 5 °C e posteriormente à temperatura ambiente. Quando a dormência é superada e o bulbo é plantado no solo em condições de umidade e temperatura adequadas, as raízes iniciam sua emissão na base do cormo (S1), a partir de nódulos

radiculares, então o desenvolvimento do broto (catáfilo) é iniciado (S2.1), surgindo sucessivamente, o segundo (S2.2) e terceiro catáfilo (S2.3) (Schwab, 2017).

Quando os catáfilos estão desenvolvidos, os processos de crescimento e desenvolvimento, não se dão mais somente no ambiente subterrâneo, mas se iniciam também na parte aérea, onde estão sujeitos às ações de outros fatores abióticos e bióticos. O estágio de emergência dos brotos só é considerado, quando este é visível acima do nível do solo (fase vegetativa de emergência, VE). A partir do momento que a lâmina da primeira folha pode ser visualizada no cartucho, é chamado o estágio V1 (fase vegetativa), assim, conforme as folhas seguintes vão sendo emitidas, são atribuídos os estádios V2, V3, e sucessivamente, de acordo com o número de lâminas visíveis pelo observador no cartucho. Juntamente ao desenvolvimento da parte aérea, as transformações subterrâneas vão acontecendo, como o crescimento e a formação de novas raízes, a formação de novos bulbos e bulbilhos e sua maturação. É durante a fase vegetativa que há o aumento do índice de área foliar, responsável pela interceptação de radiação para a fotossíntese. Os fotoassimilados produzidos durante esta fase são empregados para a formação das próprias folhas, espiga floral, raízes, cormo e cormilhos, sendo, portanto, importante a manutenção de folhas sadias ao longo do ciclo. (Schwab, 2017).

O aparecimento da espiga floral no cartucho indica o início da fase reprodutiva do gladiolo (R1), considerada de maior interesse econômico na cultura. É classificado como estágio R2, quando a cor da corola dos floretes da porção basal da espiga torna-se visível ao observador. Este é considerado o momento para a realização da colheita das hastes que estão no campo, num plantio comercial. A colheita é recomendada neste estágio, pois proporcionará maior tempo de prateleira das hastes florais e quando, este produto chegar ao consumidor final, estará em seu pleno florescimento (Schwab, 2017).

O estágio R3 é considerado, quando a parte inferior da espiga estiver aberta, e quando a corola do último florete apresentar anteras visíveis denomina-se estágio V4. A abertura e senescência das flores ocorrem de forma acrópeta (de baixo para cima) ao longo da haste. Após a abertura do último florete e a sua senescência, denomina-se o fim da floração (R5). O final do ciclo de um gladiolo é considerado quando as folhas se apresentam completamente senescentes (R6), neste estágio paralisa-se a translocação de carboidratos aos bulbos e bulbilhos, e então é definida a dimensão máxima do novo cormo e o número máximo de bulbilhos formados (Schwab, 2017).

Resumidamente, de acordo com Paiva et al. (1999), o desenvolvimento do gladiolo ocorre da seguinte forma (Figura 5):

- a) 1-3 semanas após o plantio: surgimento de raízes e início de emissão das folhas;
- b) 4-6 semanas após o plantio: desenvolvimento vegetativo;
- c) 7-10 semanas após o plantio: lançamento de espiga floral e abertura das flores;
- d) 11-18 semanas após o plantio: senescência das folhas, formação de novo bulbo e bulbilhos.

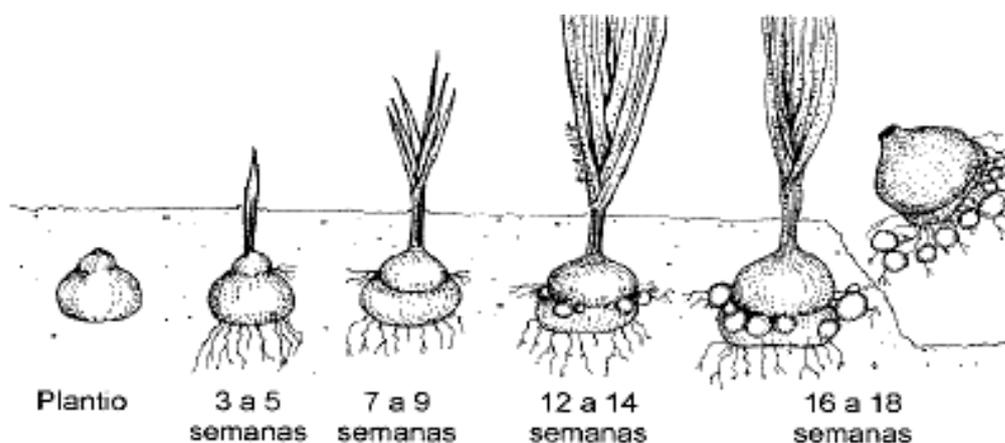


Figura 5. Desenvolvimento dos bulbos de gladiolo (Adaptado de Paiva et al., 1999).

Streck et al. (2012), estudaram a duração das fases vegetativas e reprodutivas do ciclo do gladiolo em relação com a emissão de folhas na cultura, e concluíram que a duração da fase vegetativa do gladiolo até a formação de espigas, tem relação linear positiva com a duração do ciclo total e, morfológicamente, é determinada pela velocidade de emissão e número final de folhas, enquanto a duração da fase reprodutiva não tem relação com o ciclo total. Cultivares precoces têm maior velocidade de emissão de folhas (menor filocrono) e menor número final de folhas do que cultivares tardios.

5. Efeitos dos fatores ecológicos

5.1 Temperatura

O gladiolo é uma planta herbácea bulbosa de clima tropical, adaptando-se bem ao clima subtropical. As temperaturas entre 25 a 30°C são ideais, porém podem produzir em temperaturas mais elevadas, sem que haja limitação da produção. No entanto, temperaturas elevadas no início do desenvolvimento, assim como temperaturas baixas (12°C/dia e 2°C/noite) em associação a pouca luminosidade, tendem a reduzir a taxa de florescimento (Barbosa, 2011).

O gladiolo é sensível a temperaturas muito baixas (< 10°C) e a geadas, que acarretam o atraso do florescimento, podendo causar queimaduras nas folhas, uma opção é o uso de

coberturas plásticas. Em regiões em que ocorrem geadas, não se recomenda a produção no período do inverno (Paiva et al., 1999).

Na produção comercial para datas definidas (finados, dia dos namorados, etc.), deve-se atentar sempre aos efeitos da temperatura e do comprimento do dia no ciclo das flores, pois temperaturas elevadas e dias longos possibilitam a produção, enquanto que sob baixas temperatura e luminosidade, ocorre o inverso (Barbosa, 2011).

5.2 Luminosidade

O gladiolo é uma espécie de pleno sol, sensível a restrição luminosa e não responde ao fotoperíodo para indução floral, por isso pode ser produzido em estufas e casas de vegetação sem que haja limitação de sua produção. Dias longos proporcionam rápido crescimento e desenvolvimento (Paiva et al., 1999; Barbosa, 2011).

5.3 Relações hídricas

Uma boa disponibilidade hídrica é essencial para um melhor desenvolvimento da cultura, como a formação de um bom sistema radicular e parte aérea, por isso é imprescindível manter um teor de umidade no solo adequado e altas temperaturas no período do florescimento, devendo-se irrigar a cultura com maior frequência nesta ocasião. Por ser uma planta herbácea, pode demonstrar maior sensibilidade à deficiência hídrica. Condições de umidade desfavoráveis podem levar à queima de folhas e pontas de hastes florais, além de adiantar o ciclo. O excesso de água é prejudicial ao crescimento, podendo levar ao atraso do crescimento, pode favorecer a infecção por vírus do solo e levar ao apodrecimento de bulbos, caso ocorra por longos períodos (Barbosa, 2011).

O sistema de irrigação pode ser por gravidade, micro aspersão ou gotejamento e deve ser realizado de maneira a não molhar as folhas a fim de evitar problemas fitossanitários. Recomenda-se ser feito no início da manhã, pois caso as folhas sejam molhadas sequem com mais facilidade e rapidez (Barbosa, 2011).

6. Solos e nutrição

Por ser uma planta de ciclo curto e bastante rústica, o gladiolo se adapta bem a diferentes tipos de solos, com restrição apenas para os mal drenados e sujeitos a encharcamento, dando preferência para solos bem estruturados, arejados, ricos em matéria orgânica e que apresentem boa drenagem natural. O pH ideal se encontra na faixa de 5,5 a 6,5.

Para obter estes valores de pH deve-se aplicar calcário de acordo com as recomendações baseadas na análise de solo (Barbosa, 2011).

Apesar da boa adaptabilidade a diferentes tipos de solos, para a produção comercial de gladiólos é necessário que haja uma boa disponibilidade de nutrientes. Os nutrientes mais requeridos são nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo para produção de flores, folhas e cormos de qualidade. Deficiências ou excessos desses nutrientes provocam distúrbios fisiológicos e morfológicos na planta, inviabilizando a comercialização (Tombolato, 2004).

Na cultura do gladiolo a deficiência de N, K e P causa prejuízos na qualidade das folhas devido a alterações na coloração. A deficiência de N e K interfere na qualidade de flores no que se refere ao número de botões e ao comprimento da haste floral (Tombolato, 2004). Zubair e Wazir (2007), relataram que deficiências de P afetam o tamanho do primeiro botão floral, o tamanho do primeiro botão totalmente aberto e o número de espigas produzidas por cormo.

O cálcio (Ca) se revela muito importante para produção dessas flores. Deficiência em Ca levam à quebra da inflorescência, aborto de botões florais e torção da haste floral (Tombolato, 2004).

7. Fotossíntese

Diferentemente ao que ocorre com plantas de valor alimentício, para plantas ornamentais pouco se sabe sobre os aspectos de fotossíntese e translocação de assimilados. Sabe-se que os compostos sintetizados pelo processo fotossintético durante o desenvolvimento da planta são geralmente translocados para órgãos de reserva, no caso dos gladiólos aos bulbos. Após completar o seu ciclo de desenvolvimento, a parte aérea dessas plantas entram em senescência e as reservas acumuladas no bulbo servem como fonte de carboidratos para uma nova brotação e início de um novo ciclo. Com a planta totalmente restabelecida, com folhas desenvolvidas e fotossinteticamente ativas, o processo de fotossíntese passa a ser fonte de carboidratos tanto para o desenvolvimento completo da planta, incluindo a haste floral, quanto para o acúmulo de reservas nos bulbos (Rees, 1992). O gladiolo é uma planta com metabolismo de fixação do carbono tipo C3, não se observando a anatomia Kranz.

8. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

De fácil hibridação, existem diversas espécies e híbridos de gladiólos adaptados às diferentes condições climáticas. Um grupo de cerca de 100 espécies nativas, principalmente

da África do Sul, apresenta boa tolerância ao frio, florescendo no inverno. Outro grupo mais diversificado quanto à origem, engloba um maior número de espécies que florescem no verão (Barbosa, 2011). Em consideração à diversidade morfológica e fisiológica deste gênero botânico, ainda há possibilidade da criação de novas formas de flores com cores e texturas diversificadas (Tombolato et al., 2005).

No Brasil, o zoneamento agroclimático do gladiolo foi realizado para o Estado de Santa Catarina, pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) e pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (CIRAM), que se encontra disposto na Figura 6.

As Instituições afirmaram que passaram por dificuldades para as definições dos critérios adotados na execução do zoneamento agroclimático, visto que há escassas informações com precisão de dados da cultura.

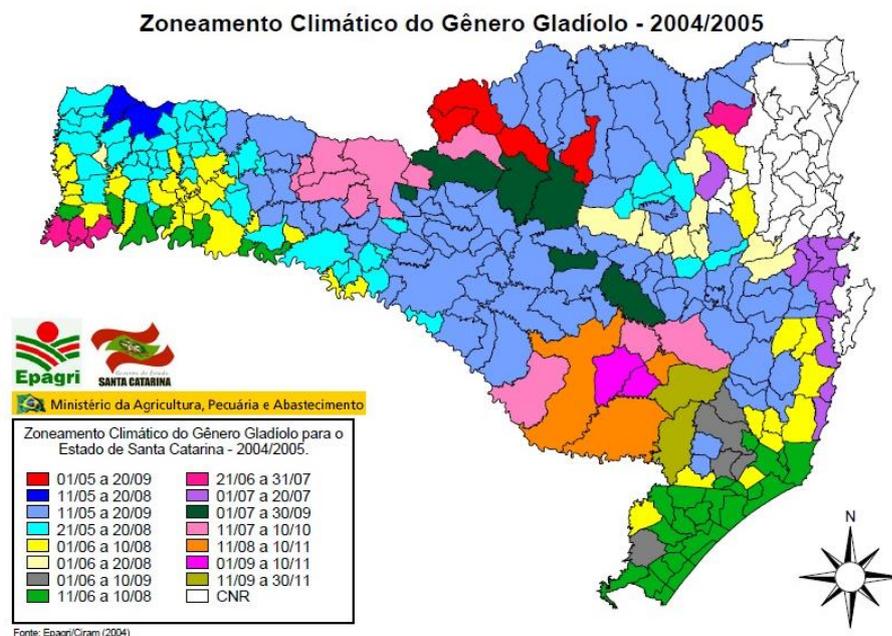


Figura 6. Zoneamento Agrícola para o gênero *Gladiolo* para o Estado de Santa Catarina (Adaptado de EPAGRI/CIRAM, 2018).

O resultado do zoneamento para o cultivo do gênero *Gladiolo* apresenta 16 classes indicando os períodos de plantio, compreendendo os municípios recomendados, que estão indicados para um intervalo que vai do primeiro decêndio de maio até o terceiro decêndio de novembro (01/05 a 30/11), e além dos municípios que não satisfazem os índices bioclimáticos da cultura, ou seja, não recomendados (zona de cor branca) (CEPAGRI; CIRAM, 2018).

9. Estratégias para altas produções

Recomenda-se o cultivo de híbridos selecionados para cada região de plantio comercial, de forma, que estejam de acordo com as condições edafoclimáticas, para assim obter sucesso de produção. Além disso, a época de plantio desempenha importante papel no crescimento e na qualidade das hastes florais de gladiólo. Para Schwab et al. (2015), no Brasil a época de cultivo mais apropriada em ambiente subtropical para o cultivo comercial de gladiólo são os meses que compreendem o inverno e o início da primavera.

O uso de reguladores vegetais é uma importante tecnologia usada para melhorar a qualidade de flores ornamentais. Em gladiólo, é comum o uso dos hormônios sintéticos da classe das auxinas, citocininas e giberelinas, com resultados positivos, principalmente no retardamento da senescência de pétalas (Singh et al., 2008), quebra da dormência de bulbos e antecipação do florescimento (Bhuybal et al., 2014; Aier et al., 2015).

10. Efeitos de reguladores vegetais

É sabido que o gladiólo é uma flor de corte insensível ao etileno (Costa et al., 2016; Kumar et al., 2014). Muitos estudos sugeriram que o ácido abscísico (ABA) é um regulador natural da senescência de pétalas em flores, principalmente em espécies que não respondem ao etileno (Hunter et al., 2004). No gladiólo o ABA se acumula nas pétalas das flores à medida que ocorre a progressão da senescência e quando aplicado de forma exógena, causa um aumento do processo natural da senescência, que envolve a redução do peso fresco e da absorção de água, perda da estabilidade das membranas e abertura anormal de flores, levando a uma senescência prematura (Costa et al., 2016; Kumar et al., 2014).

As citocininas estão associadas ao retardamento da senescência de pétalas de flores de corte, sendo responsáveis pela integridade celular das membranas. Um estudo com benzil adenina (BA) e ácido giberélico (GA_3) demonstrou que a combinação destes dois hormônios, aumentou significativamente o índice de estabilidade da membrana celular e a vida útil das flores de gladiólos, pois foram responsáveis pela maior atividade enzimática antioxidante e da menor atividade da peroxidação lipídica da membrana (Singh et al., 2008).

Uma classe de reguladores vegetais muito utilizadas em floricultura são as giberelinas. O ácido giberélico (GA_3) pode promover maior divisão celular, proporcionando hastes florais maiores e maior número de cormos e cormilhos em flores (Esfahani et al., 2016; Ramzan et al., 2014). No gladiólo, seu efeito é conhecido na quebra de dormência dos bulbos, além do aumento do número de botões florais e antecipação do florescimento (Bhuybal et al., 2014;

Aier et al., 2015). Além disso, GA₃ também regula a ação do ABA na manutenção da membrana celular e na abertura de flores de gladiólos (Costa et al., 2016).

Zanão et al. (2016), avaliaram a produção de hastes florais e cormos de gladiólo cultivar White Friendship em ambiente protegido submetido a diferentes modos de aplicação e altas concentrações de ácido giberélico. Os autores concluíram que altas concentrações de GA₃ não são recomendadas para a produção de hastes florais e cormos de gladiólo 'White Friendship', enquanto o modo de aplicação por imersão do cormo antecipa o ponto de colheita das hastes florais e produz maior número de cormilhos por planta. Independentemente do modo de aplicação, a concentração de 550 mg L⁻¹ de GA₃ incrementou a produção de cormilhos do cultivar White Friendship.

Os reguladores vegetais, como as auxinas e as citocininas também desempenham um importante papel na morfogênese e na formação de bulbos. Simões et al. (2003), utilizaram 6-benzilaminopurina (BAP) e ácido indolilacético (IAA) para regeneração de plantas a partir de calos de gladiólos em cultivo *in vitro*, os autores registraram que o meio de cultura MS acrescido de 0,1 mg L⁻¹ de IAA e na ausência de BAP promoveu a melhor formação de brotos.

O uso do bioestimulante ácido húmico foi registrado por Baldotto e Baldotto (2013), que relataram que a imersão dos cormos de gladiólo antes do plantio na solução de 15,58 mmol L⁻¹ acelerou, antecipou e aumentou a floração, tornando-se uma alternativa ao uso de reguladores vegetais sintéticos na cultura.

Referências

AIER, S. et al. Influence of GA₃ and BA on morphological, phenological, and yield attributes in *Gladiolus* cv. Red Candyman. **Journal of Agriculture and Veterinary Science**, Rawalpindi, v. 8, n. 6, p. 37-42, 2015.

BALDOTTO, M.A.; BALDOTTO, L.E.B. *Gladiolus* development in response to bulb treatment with different concentrations of humic acid. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 1, p. 138-142, 2013.

BARBOSA, J.G. **Palma-de-Santa-Rita (Gladiólo):** produção comercial de flores e bulbos. Viçosa: Ed. UFV, 2011. 113 p.

BHUJBAL, G.B.; CHAVAN, N.G.; MEHETRE, S.S. Importance of growth regulators and cold storage treatments for breaking of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) corm dormancy. **The Bioscan**, Phoenix, v. 9, n. 2, p. 501-505, 2014.

COSTA, L.C. et al. Action of abscisic and gibberellic acids on senescence of cut gladiolus flowers. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 377-385, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=90&Itemid=275>. Acesso em: 30 mar. 2018.

ESFEHANI, R.N.; EBRAHIMI, H.R.; MIRI, H.R. Effect of gibberellic and zinc sulfate on the quality and quantity (*Gladiolus grandiflorus*) in isfahan. **International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences**, New Delhi, v. 5, n. 2, p. 156-164, 2016.

GINZBURG, C.; SALOMON, R. The effect of dormancy on the heat shock response in gladiolus corms. **Plant Physiology**, Rockville, v. 81, p. 259-267, 1986.

HOSOKI, T. Effect of hot water treatment on respiration, endogenous ethanol, and ethylene production from gladiolus corms and Easter lily bulbs. **HortScience**, St. Joseph, v. 19, p. 700-701, 1984.

HOSOKI, T. Change of endogenous growth regulators during storage of dormant corms of spring-flowering gladiolus. **HortScience**, St. Joseph, v. 20, p. 366-367, 1985.

HUNTER, D.A. et al. Role of abscisic acid in perianth senescence of daffodil (*Narcissus pseudonarcissus* 'Dutch Master'). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 121, p. 313-321, 2004.

KUMAR, M. et al. The role of abscisic acid (ABA) in ethylene insensitive *Gladiolus* (*Gladiolus grandiflora* Hort.) flower senescence. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 36, p. 151-159, 2014.

MONGE, A.V. **Manejo de los cormos de gladiolos**. Madrid: Ministerio de Agricultura y Pesca, [s.d.]. 20 p. (Publicaciones de Extension Agraria).

PAIVA, P.D.O. et al. **A cultura do gladiolo**. Lavras: UFLA, 1999. (Série Extensão, 59).

RAMZAN, F. et al. Pre-planting exogenous application of gibberellic acid influences sprouting, vegetative growth, flowering, and subsequeute bulb characteristics of 'Ad-Rem' tulip. **Horticulture Environment and Biotechnology**, Amsterdam, v. 55, n. 6, p. 479-488, 2014.

REES, A.R. **Ornamental bulbs, corms ans tubers**. Wallingford: CAB International, 1992. 220 p.

SCHWAB, N.T. **Como uma planta de gladiolo se desenvolve**. Santa Maria: Ed. PRE, 2017. (Série Caderno de Extensão. Tecnologia e Produção).

SIMÕES, F.C. et al. Regeneração de plantas a partir de calos de gladiolo. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 187-190, 2003.

SINGH, A.; KUMAR, J.; KUMAR, P. Effects of plant growth regulators and sucrose on post-harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 55, p. 221-229, 2008.

STRECK, N.A. et al. Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo em gládio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1968-1974, 2012.

TOMBOLATO, A.F.C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: IAC, 2004. 211 p.

TOMBOLATO, A.F.C. et al. Melhoramento genético do gládio no IAC: novos cultivares 'IAC Carmim' e 'IAC Paranapanema'. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 142-147, 2005.

TOMBOLATO, A.F.C. et al. Bulbosas ornamentais no Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 127-138, 2010.

ZANÃO, M.P.C. **Silício e ácido giberélico na produção de gládios em ambiente protegido**. 2017. 50 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2017.

ZUBAIR, M.; AYUB, G. Effect of potassium on preflowering growth of gladiolus cultivars. **Journal of Agricultural and Biological Science**. Peshawar, v.1, n. 3, p. 38-46, 2007.

ROSEIRA



ROSEIRA (*Rosa sp.*)

Isabela Scavacini de Freitas

Thaís Pádua de Freitas

1. Introdução

As rosas (*Rosa sp.*) são as flores mais populares do mundo e estão entre as mais antigas flores a serem cultivadas. São bastante admiradas por sua beleza e perfume, e, por isso, sempre serviram de inspiração para diversas formas de arte e literatura. Essa flor tem sido utilizada através dos tempos e das civilizações como medicamento, alimento e simbologia.

As roseiras selvagens passaram por diversos cruzamentos antes de surgirem às rosas modernas. Dessa forma, o gênero *Rosa* possui material genético extremamente rico e diversificado, apresentando plantas com diferentes características e comportamentos.

Os principais polos produtores de rosas no Brasil estão nas regiões de Barbacena (MG), Andradas (MG), Atibaia (SP) e Holambra (SP), além de algumas regiões no Nordeste.

2. Origem e distribuição geográfica

Na sua forma selvagem, a roseira é bastante antiga, uma vez que diversos autores relatam a existência de fósseis deste gênero que datam de 35 milhões de anos atrás. Esses fósseis podem ser encontrados naturalmente no Hemisfério Norte, do Alasca ao México e da Europa ao extremo Oriente. Eles são encontrados tanto em regiões de climas mais frios, próximos ao Círculo Polar Ártico e em grandes altitudes do Tibete, quanto em áreas desérticas e de climas extremamente tórridos, como as áreas desérticas do Irã e do chaparral mexicano.

O cultivo de rosas em jardins possivelmente começou na Ásia há 5000 anos. Há registros sobre o cultivo de rosas no Mediterrâneo, Pérsia, China e Japão, e sobre prováveis híbridos espontâneos desde há muitos séculos antes do início da Era Cristã. Os romanos foram os responsáveis pela introdução de muitas das mais antigas espécies de rosas trazidas do Oriente para as suas colônias europeias, de onde se difundiram e se espalharam pelo mundo.

A rosa foi introduzida no Brasil pelos jesuítas entre 1560 e 1570. As primeiras roseiras foram plantadas ao lado da Vila de Piratininga e suas flores utilizadas em solenidades religiosas. Estima-se que no país existam cerca de mil híbridos.

3. Classificação botânica

O gênero *Rosa* é reconhecido por sua complexidade taxonômica devido à confusão que muitas vezes fazem entre o surgimento da roseira com o início das práticas de seu cultivo e, também, à hibridização, poliploidia e apomixia, que contribuem para a dúvida quanto ao número de espécies, variedades e híbridos existentes. As classificações mais aceitas são as de Engler e Cronquist, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da roseira de acordo com Engler e Cronquist.

	Engler	Cronquist
Divisão	Angiospermae	Magnoliophyta
Classe	Dicotyledoneae	Magnoliopsida
Subclasse	Archichlamydeae	Rosidae
Ordem	Rosales	Rosales
Família	Rosaceae	Rosaceae
Gênero	<i>Rosa</i>	<i>Rosa</i>
Espécie	<i>Rosa sp</i>	<i>Rosa sp</i>

As espécies de roseira podem divergir entre si quanto a algumas características morfológicas e comportamentos durante seu desenvolvimento. Dessa forma, são divididas em quatro subgêneros: *Hulthemia*, *Hesperrhodos*, *Platyrhodon* e *Rosa*.

4. Morfologia e anatomia

As roseiras são plantas perenes e apresentam-se com uma grande diversidade estrutural, podendo ser arbustivas ou trepadeiras, com flores isoladas ou em cachos. O caule é lenhoso com presença de acúleos e ramos basais grossos.

As folhas são compostas de folíolos com números variados e com margens serreadas, são pinadas, dispostas de forma alternada e com presença de estípulas nos pecíolos. Diferem morfológicamente dependendo do local da haste onde são produzidas: as folhas na base das brotações novas possuem brácteas no pecíolo, as folhas na altura mediana da haste possuem maior número de folíolos, e as folhas jovens possuem menor número de folíolos.

Suas flores são períginas, originalmente possuem apenas cinco pétalas, muitos estames inseridos nas bordas do hipanto, e seus muitos pistilos surgem de dentro de sua cavidade. As flores desabrocham no final da primavera ou início do verão e são polinizadas por insetos. Os frutos são do tipo aquênio e alojam-se em cinórrodos, popularmente conhecidos como quadris. Os cinórrodos geralmente têm cores vibrantes que variam entre tons de laranja e vermelho até púrpura, podem ser comestíveis dependendo da espécie, sendo atrativos para pássaros. Os frutos amadurecem no outono, podendo persistir nas plantas ao longo do inverno.

As roseiras podem ser classificadas quanto à anatomia, morfologia e uso comercial. Essas classificações são trazidas de diferentes formas por diversos autores.

A classificação esquematizada na Figura 1 é a mais abrangente e abordada, pois faz referência às roseiras existentes antes dos cruzamentos que deram origem às rosas-de-chá, e divide as roseiras em: roseiras bravas ou selvagens, as quais são não sofreram cruzamentos, sendo consideradas puras, e apresentam apenas cinco pétalas, florescimento sazonal e rusticidade; roseiras antigas de jardim, que florescem apenas uma vez ao ano, possuem fragrância intensa e muitas pétalas, e são resistentes a doenças e ao frio; roseiras modernas de jardim, as quais são frutos de inúmeras hibridações possuem florescimento recorrente, flores grandes com maior duração, porém não possuem fragrância intensa e são menos resistentes a doenças.

A classificação quanto à morfologia divide as roseiras em arbustivas, trepadeiras e rasteiras, que incluem as rosas de corte ou de vaso. As rosas de corte, ou de vaso, também

Tabela 2. Classificação hortícola das rosas de corte ou de vaso (Adaptado de Wollmann, 2011).

Grupo	Principais características
Híbridas-de-chá	Surgidas do cruzamento entre rosa-de-chá e híbridas perpétuas, tendo sucedido as híbridas reflorescentes. Apresentam floração abundante, flores de corte de excelente qualidade (corola vermelha, rosa, branca ou amarela), hastes longas, espinhosas, rígidas e fortes. São mais produtivas e vigorosas, porém a maioria é sensível às pragas, chuvas e ventos fortes.
Floribundas e arbustivas	Apresenta crescimento forte, mais ou menos arbustivo, altura de 70 a 120 cm. Produzem flores praticamente o ano todo. As flores são simples ou dobradas, em geral sem perfume, de tamanho médio, brancas e vermelhas, formam buquês terminais, sendo adequadas para corte.
Poliantas	Plantas pequenas (70 a 80 cm), com numerosas flores pequeninas de 3 a 4 cm de diâmetro, de corola simples ou dobrada, sem perfume, próprias para canteiros de parques e jardins. Pertencem ao grupo das sempre-floridas, florescem abundantemente do início do verão até o outono.
Grandifloras	Aparentemente, são similares às híbridas-de-chá, com botões longos, flores grandes, cheias, frouxas, isoladas ou em grupos, são cultivadas para corte.
Miniaturas	Possuem porte pequeno (menores que 30 cm de altura), entrenós curtos, ramos finos sem espinhos, folhas pequenas com três a cinco folíolos, flores com 1 a 3 cm, simples ou dobradas, isoladas ou em grupos; resistentes ao inverno, porém bastante sensíveis. São cultivadas em vasos. Dividem-se em mini-rosas (mais altas) e rosas biscuits (flores menores em cacho).
Trepadeiras	São plantas apoiantes, sarmentosas eretas ou pendentes, de caule longo e flexível; apresentam crescimento lento e geralmente florescem a partir do segundo ano. Algumas são mais vigorosas, sendo utilizadas para cobrir muros e pérgolas.

5. Germinação e propagação

A roseira pode ser propagada sexuada e assexuadamente. Entretanto, a propagação sexuada é a que possui mais desvantagens, sendo, portanto, a menos utilizada para o cultivo de roseiras.

A produção de mudas por sementes pode trazer problemas, tais como: segregação, dormência, baixa prolificidade, necessidade de identificação dos grupos de compatibilidade para se direcionarem os cruzamentos, longos períodos requeridos por algumas plantas para atingirem a maturidade e exigência de condições adequadas para a produção.

Roseiras mostram um alto grau de polinização cruzada e, portanto, possuem altos níveis de heterozigose. Entretanto, a fertilidade das roseiras modernas de jardim é considerada baixa, já que a fixação de frutos e a germinação de sementes são ambas menores que 50%, uma vez que seus frutos são produzidos no outono, em condições de baixas temperaturas e dias curtos, favorecendo o período de dormência das sementes. Isso é controlado pelo balanço entre o ácido abscísico (ABA), localizado no pericarpo do aquênio, e o ácido giberélico ou a citocinina. Além da dormência fisiológica, as sementes também apresentam dormência física.

Em países como a Alemanha, alguns cultivares e porta-enxertos são propagados via semente, como a *Rosa canina*, pois possuem condições locais que são consideradas ideais, como temperaturas baixas durante o inverno rigoroso, tecnologia apurada e boa qualidade da espécie cultivada. Esta via é utilizada principalmente quando se deseja gerar variabilidade genética com o intuito de produzir novas variedades.

A roseira pode ser propagada vegetativamente por estaquia, enxertia e micropropagação. Podem ser listadas as seguintes vantagens dessa via de propagação: facilidade e rapidez de multiplicação da espécie e geração de clones idênticos à planta matriz.

As estacas podem ser retiradas de diferentes regiões do caule e são classificadas quanto à consistência, em: estacas herbáceas, quando são retiradas das porções apicais dos caules ainda em crescimento, em geral com folhas; estacas semi-lenhosas, tomadas da região de meia maturação; e estacas lenhosas, retiradas da região madura dos ramos ou caules.

É importante ressaltar que, para obter eficiência no processo, é necessário que as variedades tenham boa capacidade de diferenciação de raízes ou respondam à aplicação de reguladores vegetais como as auxinas, que induzem ao enraizamento, uma vez que o processo intensivo de seleção genética pode ocasionar a perda de genes que conferem concentração hormonal favorável à diferenciação de raízes.

Em plantios comerciais, a produção de mudas é feita na maioria das vezes por meio da enxertia, processo este que consiste em unir dois genótipos distintos, formando uma só planta.

O método de enxertia mais utilizado é a borbulhia em T invertido, que consiste na utilização de uma variedade porta-enxerto e outra que irá compor a parte produtora dos botões, a borbulhia.

A utilização de porta-enxerto pode aumentar o vigor da planta. É importante destacar que o porta-enxerto deve apresentar as seguintes características: boa capacidade de enraizamento; resistência à seca, variação de temperatura, nematoides e doenças; boa adaptação ao tipo de solo em que será cultivado; casca facilmente destacável para operações de enxertia e compatibilidade com as variedades a serem enxertadas.

6. Desenvolvimento de raízes

A morfologia do sistema radicular numa roseira difere de acordo com o método de propagação utilizado. Mudas obtidas por sementes apresentam raiz pivotante, a qual dá origem a raízes secundárias, enquanto que estacas enraizadas possuem raízes adventícias.

Mudas fabricadas por micropropagação possuem raízes menores, frágeis e mais escuras. Fatores como a nutrição, poda, substrato, tamanho do vaso e disponibilidade de água, podem exercer influência sobre a morfologia e crescimento das raízes.

O sistema radicular de roseiras consiste em raízes com ampla gama de características relativas à hierarquia, idade e, provavelmente, absorção. Em plantas maduras, após a colheita, o surgimento de novas raízes coincide com o aparecimento de novas brotações, de forma a alcançar um equilíbrio entre emergência de novas raízes e decadência de antigas. Com isso, a absorção de água e nutrientes pelas roseiras sofre mais influência da demanda da parte aérea do que das dimensões do sistema radicular, diferenciando-as de outras plantas cultivadas.

7. Desenvolvimento de caule, ramos e folhas

Muitas espécies de plantas lenhosas, incluindo a roseira, possuem uma característica em comum: a formação de brotações na base da planta. Essas brotações expressam características juvenis, como crescimento vigoroso, facilidade de enraizamento e atraso na formação das flores. Ao contrário do que se almeja em plantas lenhosas, a formação dessas brotações basais é desejável em roseira, uma vez que seu número, diâmetro e grau de ramificação determinam o potencial de produção de flores pela planta.

As brotações basais emergem durante o primeiro ano após a propagação vegetativa, porém, raramente surgem depois. A formação de brotações basais em rosas pode ser estimulada pela técnica de *pinching* ou remoção dos ápices (favorável apenas em espécies que

não requerem hastes florais compridas para serem comercializadas), remoção da gema lateral, baixa temperatura do ar, alta radiação e aplicação de citocinina, ou de ethephon.

O desenvolvimento de brotações e a arquitetura de cada planta ocorrem em função do ciclo contínuo do desenvolvimento das gemas axilares, o qual é controlado pela dominância apical. Quando há dominância apical, o desenvolvimento das gemas é inibido, enquanto que, quando removida, a alongação e desenvolvimento das gemas são viabilizados. Quanto maior o período em que as gemas permanecerem inibidas, maior o número de primórdios foliares que serão formados.

Há dois tipos de brotações produzidas pelo caule de roseiras: prolépticas e silépticas. As brotações prolépticas são aquelas que foram produzidas por gemas na axila das folhas baixas e com brácteas, as quais passaram por um período de inibição num estágio prematuro devido à dominância apical.

As brotações silépticas são produzidas pelas gemas localizadas nas axilas das folhas mais ao topo, logo abaixo da flor, as quais desenvolvem a brotação continuamente desde sua iniciação, sem passar por período de inibição. Essas diferenças entre brotações ocorrem, pois, a dominância apical cessa quando a gema vegetativa apical é convertida a uma inflorescência e, portanto, as gemas vegetativas próximas à gema floral não são afetadas (Bredmose, 2003).

Em roseiras de florescimento sazonal, as brotações secundárias permanecem vegetativas, porém, quando ocorre a colheita da flor, as gemas prolépticas dessas brotações são liberadas da inibição e desenvolvem hastes florais, enquanto que nas roseiras de florescimento recorrente as brotações secundárias podem produzir flores desde o início. Ambos os tipos de brotação inicialmente fazem um ângulo de aproximadamente 45° com a haste, mas os ramos prolépticos longos, que formam o volume da estrutura da planta, tendem a endireitar enquanto os ramos silépticos menores mantêm o ângulo.

Segundo Chimonidou-Pavlidou (2000), após a desinibição das gemas, as brotações passam por oito estádios de desenvolvimento até o florescimento: expansão da gema; alongação da gema (gema maior que 20 mm, porém os primeiros 3 folíolos da folha não estão visíveis); aparecimento da primeira folha trifoliolada; aparecimento da segunda folha trifoliolada; aparecimento da primeira folha pentafoliolada; aparecimento da segunda folha pentafoliolada; todas as folhas expandidas e gema floral visível; e por fim, gema floral com 5 a 7 mm de diâmetro.

A mudança da fase vegetativa para a reprodutiva ocorre durante o estágio 2 (alongação da gema). Ápices vegetativos não são observados em brotações maiores que 50 mm, exceto quando há um período prolongado de baixas temperaturas.

8. Desenvolvimento das flores

As pétalas são os principais órgãos florais que determinam a longevidade comercial das flores, e como consequência, muita atenção tem-se dado aos processos fisiológicos, bioquímicos e genéticos que ocorrem durante o desenvolvimento delas.

O desenvolvimento das pétalas é caracterizado por uma série de fases, que incluem: diferenciação, divisão celular, expansão celular e senescência. Entretanto, boa parte do desenvolvimento das pétalas está associada ao resultado da expansão celular (Sood; Vyals; Nagar, 2006).

O desenvolvimento da pétala também pode ser dividido em duas fases: desenvolvimento lento, que resulta principalmente da divisão celular; e desenvolvimento rápido, que resulta da expansão celular. Ao fim da divisão celular, as pétalas possuem apenas 35 a 40% do seu tamanho final; o restante é resultado principalmente da fase de expansão celular. Dessa forma, a massa fresca, massa seca e conteúdo de água na corola estão em seus maiores teores apenas no momento de floração plena (Sood; Vyals; Nagar, 2006).

As roseiras bravas geralmente produzem flores apenas durante um curto período de 2 a 4 semanas na primavera (florescimento sazonal), enquanto que as roseiras modernas possuem um gene recessivo mutante que permite o florescimento recorrente, durante todo o ano se as plantas forem cultivadas em estufa de vidro, ou durante toda a estação, se cultivadas no campo.

As roseiras de florescimento recorrente, como as híbridas-de-chá, não requerem condições ambientais específicas para o florescimento. O crescimento vegetativo predomina em rosas de florescimento sazonal, que florescem apenas a partir do segundo ano de cultivo, enquanto que a iniciação das folhas seguida pela inflorescência é repetida ciclicamente em rosas de florescimento recorrente, que florescem logo no primeiro ano. Segundo Roberts et al. (1999), níveis endógenos de giberelina possivelmente estão implicados na iniciação floral.

9. Efeitos de fatores ecológicos

9.1 Nutrientes

A sequência de exportação de nutrientes pelas hastes florais da roseira segue a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes: $N > K > Ca > P > Mg > S$; e para os micronutrientes: $Fe > Mn > Zn = B > Cu$. No entanto, a exportação dos micronutrientes pode sofrer variações conforme a variedade.

Conforme observado por Haag et al. (1974), a omissão de macro e micronutrientes em roseira reduz a produção de massa seca, porém, a ausência de Ca, Cu e Mn não afeta

sensivelmente o crescimento das roseiras, além disso, a ausência de P, K, Ca e S suprime a produção de botões florais.

As roseiras são sensíveis a índices de salinidade que excedam $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica (CE) e o excesso de adubação pode resultar em níveis indesejáveis de sal na zona da raiz, prejudicando o rendimento da cultura. No entanto, alguns cultivares podem tolerar CE de até $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ sem redução significativa no rendimento e qualidade das flores (Niu; Starman; Byrne, 2013).

9.2 Temperatura

A temperatura interfere na atividade respiratória da roseira, uma vez que a planta cresce apenas quando sua produção de carboidratos é superior àquela demandada pela respiração. Roseiras expostas a uma baixa temperatura constante apresentam exportação de carbono das folhas bastante inibida. Além disso, quando expostas em temperaturas alternadas entre 18 e 12°C, a exportação de carbono das folhas flutua, seguindo a alternância das temperaturas.

Em roseiras híbridas-de-chá, temperaturas abaixo de 15°C podem gerar flores deformadas, ramos cegos ou improdutivos e flores muito escuras. Temperaturas acima de 12°C aceleram o crescimento e desenvolvimento da roseira, bem como aumentam a produção de flores e o número de florações, porém quando acima de 21°C as hastes florais podem se tornar fracas e curtas, flores podem ter tamanho reduzido (número e tamanho das pétalas) e coloração pálida.

Shin, Lieth e Kim (2001), observaram que o número de dias entre a superação da dormência da gema e o florescimento aumentou de 21,6 a 63,0 dias conforme a temperatura diminuiu de 30 a 15°C, e que ainda, o número de dias para o florescimento é primordialmente influenciado pela temperatura após o surgimento da gema floral visível, o que sugere que a temperatura anterior não afeta o desenvolvimento da flor. Além disso, relataram que a área foliar, massa seca da flor, comprimento e diâmetro do caule aumentam conforme a temperatura diminui, bem como o caule tem melhor qualidade quando a roseira é cultivada a 18°C.

Segundo Barbosa e Lopes (2008), as roseiras devem ser plantadas em locais com temperatura diurna na faixa de 23 a 25°C e noturna entre 15 e 18°C. Esses autores também citam que temperaturas elevadas podem induzir o aparecimento de falhas na brotação; desenvolvimento forçado, formando muitas hastes finas com botões pequenos e tortos (ocorrência nos cultivares Frisco, Saphir, Grisby, Scoop e Tineke); formação de botões

achatados, expondo precocemente os órgãos sexuais da flor, inutilizando-a (ocorrência em Motrea e Goldy); folhas queimadas (cultivares Rumba, Evelyn e Luciana); amarelecimento e queda de folhas baixas, atrasando e comprometendo o próximo corte (ocorrência nos cultivares Mercedes e Athena).

9.3 Luminosidade

A intensidade da luz é o fator mais importante que afeta o desenvolvimento e florescimento da roseira. As rosas são bastante exigentes quanto à intensidade luminosa, porém seu florescimento não é dependente do comprimento do dia. Folhas que se desenvolvem durante baixa intensidade de luz, como no inverno, acumulam menos nitrogênio e, conseqüentemente, possuem menor capacidade fotossintética.

A baixa intensidade luminosa estende a duração do período de desenvolvimento da planta e, quando somada à baixa temperatura, aumenta a formação de ramos improdutivos. A redução da intensidade da luz pelo sombreamento causa o abortamento do botão floral. É sugerido que as roseiras sejam cultivadas em intensidade luminosa de $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, pois gera a maior taxa fotossintética (Ibrahim et al., 2017).

As gemas laterais da roseira diferem quanto à sensibilidade à luz de acordo com sua posição ao longo do caule. A brotação das gemas localizadas logo abaixo de onde foi realizada a poda do caule ocorre mesmo no escuro, enquanto as que estão um pouco abaixo precisam de uma relação vermelho/vermelho extremo (R/FR) alta para brotarem, e as que estão mais distantes permanecem completamente inibidas mesmo na presença de luz.

O decréscimo na intensidade da luz é seguido por uma diminuição da atividade da giberelina no topo do ramo. Na ausência de luz, os ramos reduzem sua força de dreno, ao mesmo tempo em que o nível de citocinina endógena aumenta, indicando que a escuridão pode causar inativação da citocinina.

Rosas produzidas sob suplementação luminosa produzem mais flores. A extensão do comprimento do dia de 9 a 16 horas também pode aumentar o número de flores produzidas por planta (Carpenter et al., 1972). No entanto, rosas produzidas com suplementação luminosa podem exibir maior perda de água, afetando negativamente a vida pós-colheita.

A variação da intensidade e do espectro da luz, também pode influenciar na pigmentação das flores. A radiação UV promove a síntese de antocianina nas pétalas de rosas vermelhas, enquanto que a diminuição da intensidade da luz pode diminuir a síntese de carotenoides em rosas amarelas.

9.4 Umidade

O período após a iniciação da pétala e anterior a iniciação do estame é considerado o mais crítico quanto ao estresse hídrico. Nesse período, a escassez de água é bastante danosa para o desenvolvimento das rosas em termos de quantidade e qualidade de hastes florais, com perdas da produção de até 70%, acompanhada por uma redução nas características das hastes florais, como comprimento, massa fresca e número de pétalas.

Rosas possuem uma zona de abscisão no pedúnculo e haste. A flor pode perder quantidades significativas de água e durante estresse hídrico podendo ser sacrificada pela planta a fim de proteger o eixo principal. A alta umidade do solo com nível adequado de adubação contribui para um rápido crescimento e bom tamanho de folhas para a realização da fotossíntese. O estresse hídrico juntamente com uma frequência de irrigação inadequada restringe essa expansão foliar.

O uso de tensiômetros para medir a tensão da água no solo permite economizar o volume de água aplicado. Sugere-se que a irrigação das roseiras seja iniciada quando o solo ou substrato atingir a tensão de -5 kPa, e pausada quando atingir -1kPa (Lieth; Tjosvold; Oki, 2000).

A umidade relativa do ar (UR) ideal para a cultura da roseira é de 70 a 75 %, exceto durante o período de brotação das gemas e crescimento dos brotos, para os quais é aconselhável 80 a 90 %. Quando as roseiras são cultivadas em ambiente com alta UR e são transferidas para local com UR mais baixa, o funcionamento dos estômatos é prejudicado, causando perdas excessivas de água, diminuindo o potencial osmótico das folhas e flores, levando ao distúrbio fisiológico denominado de *bent neck* ou pescoço dobrado, depreciando a qualidade e a vida útil da planta comercializada (Torre; Fjeld, 2001).

9.5 Dióxido de carbono

As rosas respondem ao incremento de CO₂ durante seu cultivo. O incremento de CO₂ no interior da casa de vegetação pode proporcionar um aumento dos seguintes parâmetros biométricos: massa seca total, relação massa fresca de haste e folha, massa fresca de flor, comprimento e diâmetro de brotação e produção de flores comerciáveis. Além disso, roseiras cultivadas em altas concentrações de CO₂ adquirem maior tolerância à salinidade, sugerindo que o sal, na presença de alta concentração de CO₂, pode mudar a distribuição dos assimilados na planta.

10. Relações hídricas

A roseira é muito exigente quanto ao suprimento de água e o estresse hídrico pode prejudicar o desenvolvimento da cultura. O solo ou substrato utilizado deve ser mantido sempre úmido durante todo o ciclo fenológico.

Durante o florescimento, a restrição hídrica afeta a produtividade e a qualidade final, inibindo a emissão de botões florais e o crescimento das pétalas. A frequência de irrigação interfere no desenvolvimento, uma vez que irrigações mais frequentes aumentam a produção de biomassa (Van Doorn, 2010).

Apesar da relevância da água para a roseira, informações precisas sobre a necessidade hídrica ao longo do ciclo fenológico da cultura ainda são escassas. A determinação do coeficiente de cultura (Kc) para a roseira é uma ferramenta que pode auxiliar na definição dos períodos de maior exigência hídrica da cultura (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficiente de cultura (Kc) e fases fenológicas da roseira de corte ‘Carola’ cultivada em ambiente protegido, em dias após o transplante (DAT), (Adaptado de Oliveira et al., 2014).

DAT (dias)	Fase fenológica	Kc
30	Vegetativa	0,47
60	Vegetativa	0,72
90	Vegetativa	0,88
120	Vegetativa	0,95
150	Produtiva	1,05
180	Produtiva	1,12
210	Produtiva	1,18
240	Produtiva	1,09
270	Produtiva	1,14
300	Produtiva	1,22
330	Produtiva	1,31
366	Produtiva	1,36

11. Solos e nutrição

As roseiras são plantas perenes cultivadas em um sistema de produção intensivo no qual o requerimento de nutrientes é alto. O solo recomendado para o cultivo e desenvolvimento adequado das raízes deve ser rico em matéria orgânica, argiloso e bem drenado, com pH entre 5,0 e 7,0.

A calagem deve ser realizada cerca de 30 dias antes do plantio das mudas. Por outro lado, a adubação é realizada em até três momentos: no preparo do solo, no plantio e na manutenção. A técnica mais utilizada no Brasil para a realização da adubação é a fertirrigação.

A adubação orgânica é recomendada, pois além de atender as exigências nutricionais, fornece matéria orgânica ao solo criando um ambiente propício para o desenvolvimento das raízes. A principal fonte é o esterco de curral; são recomendados 10 kg m^{-3} de esterco bovino curtido (Paiva; Almeida, 2014).

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais requeridos pela roseira (Tabela 4). O nitrogênio é absorvido em maiores quantidades durante a fase de desenvolvimento vegetativo e o potássio é absorvido em maior quantidade na fase de desenvolvimento de botões florais (Martins; Fagnani; Piedade, 2009).

Tabela 4. Extração de macronutrientes pelos diferentes cultivares de roseiras em cultivo protegido e em campo (Adaptado de Villas Boas et al., 2008).

Cultivares	Cultivo em ambiente protegido					
	Extração de macronutrientes (mg haste ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Adventure	231 c	24 b	171 c	104 c	26 b	29 a
Água	158 c	15 c	118 c	58 c	15 c	18 b
Avalanche	217 c	23 b	170 c	87 c	18 d	27 a
Bugnat	263 b	24 b	166 c	118 b	28 b	31 a
Carola	251 b	30 a	164 c	98 c	21 c	29 a
El toro	181 c	22 b	144 c	64 c	16 c	20 b
Leonidas	392 a	37 a	304 a	188 a	44 a	39 a
Lipstique 1	199 c	21 b	145 c	80 c	19 c	21 b
Lipstique 2	212 c	19 c	137 c	121 b	16 c	26 a
Marjicie	191 c	18 c	146 c	83 c	26 b	25 b
Movistar	299 b	31 a	215 b	153 a	43 a	34 a
Oslana	185 c	23 b	167 c	58 c	13 c	18 b
Vegas	289 b	33 a	244 b	131 b	30 b	31 a
Virginia	282 b	25 b	237 b	106 c	24 b	26 a
Wow	158 c	18 c	126 c	54 c	16 c	19 b
CV%	20,03	14,57	16,31	27,75	20,54	18,85

O ritmo de absorção de nutrientes é cíclico assim como os ciclos de produtividade da cultura. No período de desenvolvimento da haste floral há um aumento da absorção de N e K, atingindo os valores máximos valores na abertura da flor (Figura 2).

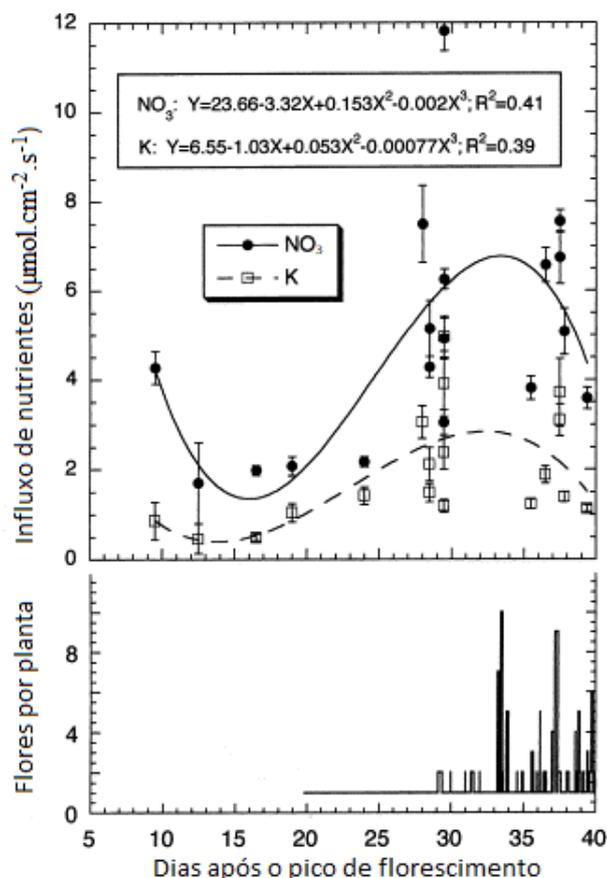


Figura 2. Absorção de NO_3 e K de roseiras 'Kardinal' cultivadas em hidroponia sob condições de crescimento controlado (Adaptado de Silberbush e Lieth, 2004).

Também foi observado que após a colheita ou poda, a absorção de nutrientes diminui, uma vez que o volume de massa fresca é reduzido, se só aumenta com o desenvolvimento de novas hastes e folhas.

A otimização do gerenciamento da solução nutritiva requer conhecimento de como as concentrações de nutrientes mudam no sistema durante o período de cultivo. Além disso, a absorção de nutrientes pode ser diferente de acordo com a interação de fatores como a temperatura, duração do dia, suprimento de oxigênio à raiz, radiação fotossintética.

Alguns autores propõem o uso de um modelo para melhorar o gerenciamento da solução nutritiva que é capaz de prever e fornecer parâmetros condutividade elétrica em estufas.

12. Fotossíntese

A roseira é uma planta de metabolismo C3 bastante exigente em radiação solar. A eficiência fotossintética é especialmente importante para a melhoria da qualidade de rosa de

corde. Isto significa que as roseiras necessitam de alta intensidade de luz para atingir taxas de fotossíntese satisfatórias.

Sob níveis normais de CO₂ (3000 ppm), as folhas da roseira atingem o ponto de saturação em cerca de 26909,78 lux e podem chegar até a 36597,30 lux, sob maiores concentrações de CO₂ (AIKIN, 1974), de acordo com a Figura 3.

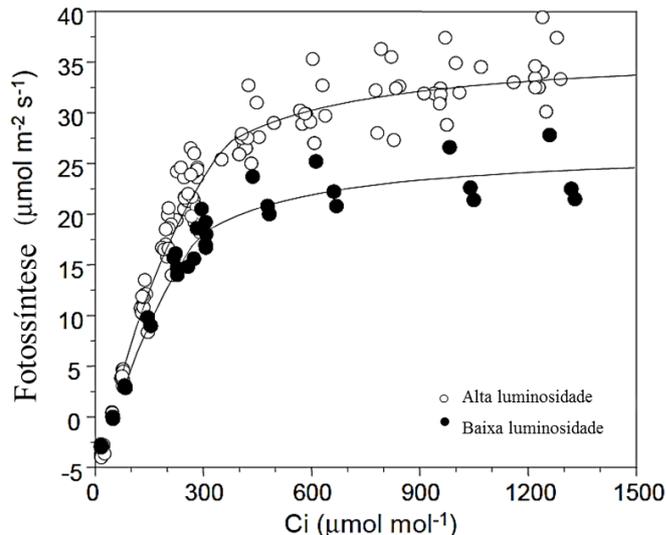


Figura 3. Fotossíntese em relação à concentração de CO₂ (Ci) para folhas de roseira cultivadas sob condição de alta e baixa luminosidade. Observações para a radiação fotossinteticamente ativa de 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Adaptado de Lieth e Kim, 2001).

A fotossíntese afeta o crescimento, desenvolvimento e produção da roseira. Estudos demonstraram que as folhas da roseira adaptam o conteúdo de clorofila em relação à mudança da luz do ambiente. Este processo de ajuste da composição da clorofila possui influência direta nas taxas de fotossíntese e facilita a aclimação das plantas (Calatayud et al., 2007; Ibrahim et al., 2017).

As flores em desenvolvimento agem como drenos, o carboidrato estocado nas folhas é hidrolisado por enzimas, e se move em direção ao dreno. A hidrólise do amido está associada com a abertura da flor, uma vez que a redução do potencial osmótico favorece o influxo de água na corola, promovendo a expansão celular. Durante todo o desenvolvimento da corola as rosas importam matéria seca, constituída em 50% de açúcares reduzidos e amido, portanto, o processo de desenvolvimento floral regula a partição de assimilados na planta.

13. Florescimento e frutificação

A intensidade da luz é o fator mais importante que afeta o florescimento das plantas. A diminuição de intensidade da luz devido a mudanças sazonais ou ao sombreamento, induz a

redução da produtividade das roseiras. No entanto, as roseiras não sofrem influência do fotoperíodo para a indução floral. É independente de estímulos externos para passar da fase vegetativa à fase reprodutiva (Araujo Vásquez, 2013).

O florescimento ocorre durante o ano todo com a formação contínua de novas hastes florais, e sob as condições ideais de clima, temperatura, tratos culturais e nutrição, essa característica é intensificada. Alguns estudos relatam que a abertura das rosas é controlada por um fator de transcrição NAC, por meio de um micro RNA (*miRNA164*), conforme Van Doorn; Kamdee (2014).

A frutificação pode ser afetada por temperaturas maiores que 36 ° C que prejudicam a viabilidade do pólen (Pecrix et al., 2011). No Brasil, os frutos de roseira não possuem importância econômica, diferentemente do que ocorre na Turquia, onde os frutos são utilizados como matéria-prima de produtos cosméticos e alimentícios. A caracterização de frutos de rosa nativa identificou alto potencial de uso como alimento ou aditivo alimentar devido à quantidade elevada de compostos fenólicos, carboidratos e ácido ascórbico (Ercisli, 2007).

14. Zoneamento agroclimático e adaptações ao meio ambiente

A roseira é uma cultura originalmente de clima temperado que se adapta bem sob temperaturas mais elevadas devido ao melhoramento genético da espécie. No entanto, grandes variações térmicas, umidade do ar elevada e a baixa insolação são inadequadas para o cultivo.

As áreas consideradas com maior aptidão para a produção de roseiras são aquelas que concentram temperaturas entre 23 e 25°C durante o dia e a noturna entre 15 e 18°C. A transição entre a temperatura diurna e a noturna deve ocorrer de forma lenta para evitar distúrbios fisiológicos.

Além disso, temperaturas baixas (12–15°C) associadas a pouca radiação solar são extremamente prejudiciais para a produtividade da roseira, diminui os assimilados nas plantas e pode levar a formação de brotos cegos (Jiao; Tsujita; Grodzinskil, 1991).

15. Estratégias para altas produções

O setor de produção de rosas de corte é altamente competitivo e para que a cultura seja rentável precisa atender aos requisitos de qualidade do mercado. Neste sentido, alguns fatores se destacam visando fornecer as condições ideais para o desenvolvimento da cultura.

A escolha da área de plantio deve fornecer radiação solar de alta intensidade uma vez que este é o fator mais limitante da produtividade da roseira de corte. No inverno, período

caracterizado pela menor radiação solar, alguns produtores recorrem à instalação de lâmpadas (400 - 600 Watts) para estimular a fotossíntese e aumentar a produtividade.

A temperatura deve ser amena para permitir o desenvolvimento das raízes laterais e a emissão de botões florais. O solo deve ser bem drenado, argiloso e rico em matéria orgânica e sais minerais.

A adubação deve ser acompanhada regularmente por meio das análises de solo para que o fornecimento de nutrientes seja adequado para cada fase do desenvolvimento da roseira, evitando excessos.

A salinidade também deve ser evitada devido à sensibilidade da cultura, assim o controle da adubação e da irrigação pode ser utilizado para evitar a salinização dos solos. A irrigação deve ser bem distribuída ao longo do ciclo fenológico, especialmente durante o florescimento para não prejudicar a qualidade das rosas. Além disso, a irrigação mantém as condições osmóticas favoráveis para a absorção de nutrientes pela raiz.

A utilização de porta-enxertos tolerantes aos índices de salinidade, também é recomendada para evitar perdas na produtividade e na qualidade das rosas (Niu; Rodriguez; Aguiniga, 2008).

A associação das medidas anteriores com investimentos em pesquisas na área de melhoramento genético, tecnologia e mão de obra técnica especializada para a gestão de recursos são garantias de aumento da produtividade da cultura.

16. Efeitos de reguladores vegetais

O ácido indolbutírico é comumente utilizado no enraizamento de estacas de variedades *Rosa sp.* para aumentar a porcentagem de enraizamento (Sarzi; Pivveta, 2008).

Devido à elevada sensibilidade da roseira ao etileno, após a colheita, podem ser utilizados inibidores da síntese C_2H_4 , como o ácido aminooxiacético, e da ação do etileno 1-metilciclopropeno, para prolongar a vida útil das flores e para manutenção da qualidade (Chitarra; Chitarra, 2005).

A citocinina pode estimular o processo de florescimento, aumentar o número de gemas florais e de flores. Enquanto o ácido giberélico age como um antagonista da ação da citocinina inibindo o florescimento.

A aplicação de GA3 nos botões florais pode suprimir o crescimento da colônia de *Botrytis cinerea*, e este efeito pode ser potencializado quando combinado com paclobutrazol (PBZ). Quando aplicado diretamente no receptáculo floral, o GA3 estimula o aumento do tamanho das pétalas, do receptáculo e do pedicelo.

O ácido giberélico (GA3) é importante para extensão da vida pós-colheita de rosas de corte. O GA3 é relatado como um tratamento pós-colheita que auxilia na manutenção da integridade da membrana das pétalas podendo aumentar a pigmentação das flores (Sabehat; Zieslin, 1994).

17. Senescência e Aproveitamento de Resíduos

O mecanismo de abertura e de senescência da rosa permanecem não completamente desvendados. A sequência de eventos que dão início a esses processos ainda precisa ser elucidada. No entanto, sabe-se que os principais hormônios envolvidos nesse processo são o ácido abscísico (ABA) e o etileno.

A senescência nas rosas é acompanhada por uma mudança endógena da concentração de ABA e de etileno, sendo que no final da senescência as concentrações de ABA e de etileno encontram-se igualmente elevadas.

O primeiro indicativo de senescência das flores de rosa de corte é a perda de turgor das pétalas, tal sintoma está associado à alteração da permeabilidade da membrana celular. Além disso, há um aumento acentuado da produção de etileno, de seus precursores e enzimas necessárias para a sua síntese (Borochoy; Woodson, 2011).

Além disso, as flores não possuem quantidades significativas de substrato (carboidratos de reserva) necessárias para o metabolismo respiratório e a manutenção da vida útil pós-colheita, caracterizando uma senescência rápida.

Referências

AIKIN, W.J. **Photosynthesis in roses**. Colorado State University, v. 289, n. 1, 1974.

ARAUJO VÁSQUEZ, J.E. **Incidencia de la aplicación de citoquininas en tres estados fenológicos y dos sectores del tallo en la brotación de basales en el cultivo del rosal (*Rosa sp*) var. *Circus***. 2013. Dissertación (Maestría en Gestión de la Producción de Flores y Frutas Andinas para Exportación) - Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.

BARBOSA, J.G.; LOPES, D.A.G. **Como produzir rosas**. Viçosa: CPT, 2008.

BOROCHOV, A.; WOODSON, W.R. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. **Horticultural Reviews**, Hoboken, v. 11, p. 15-43, Feb. 2011.

BREDMOSE, N.B. Axillary bud growth. In: ROBERTS, A.V. (Ed.). **Encyclopedia of rose science**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2003. p. 374-381.

CALATAYUD, A. et al. Light acclimation in rose (*Rosa hybrida* cv. Grand Gala) leaves after pruning: Effects on chlorophyll a fluorescence, nitrate reductase, ammonium and carbohydrates. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 152–159, 2007.

CARPENTER, W.J.; ANDERSON, G.A. High intensity supplementary lighting increases yields of greenhouse roses. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Geneva, v. 97, p. 331-334, 1972.

CHIMONIDOU-PAVLIDOU, D. Effect of irrigation and shading at the stage of flower bud appearance. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROSE RESEARCH AND CULTIVATION, 3., 2000. **Annals...** p. 245-251.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

ERCISLI, S. Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa spp.*) species. **Food Chemistry**, Bethesda, v. 104, n. 4, p. 1379-1384, 2007.

HAAG, H.P. et al. Nutrição mineral das plantas ornamentais: IV. Carências nutricionais em roseira. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 31, p. 437-447, 1974.

IBRAHIM, M. et al. Optimization of environmental factors to measure physiological parameters of two Rose varieties. **Open Journal of Applied Sciences**, Irvine, v. 7, n. 10, p. 585–595, 2017.

JIAO, L.; TSUJITA, M.; GRODZINSKIL, B. Influence of temperature on net CO₂ exchange in roses. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 71, p. 235-243, 1991.

LIETH, J.H.; TJOSVOLD, S.; OKI, L.R. Irrigation of *Rosa hybrida* L. 'Kardinal' based on soil moisture tension increases productivity and flower quality. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ROSE RESEARCH AND CULTIVATION, 3., 2000. **Annals...** p. 213-219, 2000.

MARTINS, J.L.; FAGNANI, M.A.; PIEDADE, S.M.D. Produção e qualidade de botões de Rosa cv. Vega cultivados sob plásticos de cobertura com diferentes anos de uso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 2011–2018, 2009.

NIU, G.; RODRIGUEZ, D. S.; AGUINIGA, L. Effect of saline water irrigation on growth and physiological responses of three rose rootstocks. **HortScience**, St. Joseph, v. 43, n. 5, p. 1479, 2008.

NIU, G.; STARMAN, T.; BYRNE, D. Responses of growth and mineral nutrition of garden Roses to saline water irrigation. **HortScience**, St. Joseph, v. 48, n. 6, p. 756-761, 2013.

OLIVEIRA, E.C. et al. Evapotranspiration of rose cultivated in protected environment. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 314–321, 2014.

PAIVA, P.D.O.; ALMEIDA, E.F.A. **Produção de flores de corte**. Lavras: UFLA, 2014.

- PECRIX, Y. et al. Polyploidization mechanisms: temperature environment can induce diploid gamete formation in *Rosa sp.* **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 62, n. 10, p. 3587–3597, 2011.
- ROBERTS, A.V. et al. The effect of gibberellins on flowering in roses. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 18, n. 3, p. 113-119, 1999.
- SABEHAT, A.; ZIESLIN, N. GA3 effects on postharvest alterations in cell membranes of rose (*Rosa x Hybrida*) petals. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 144, n. 4-5, p. 513-517, 1994.
- SARZI, I.; PIVVETTA, K.F.L. Efeito das estações do ano e do ácido indolbutírico no enraizamento de estacas de variedades de miniroseira (*Rosa spp.*). **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 62-68, 2008.
- SHIN, H. K.; LIETH, J. H.; KIM, S. H. Effects of temperature on leaf area and flower size in rose. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 547, p. 185-191, 2001.
- SILBERBUSH, M.; LIETH, J.H. Nitrate and potassium uptake by greenhouse roses (*Rosa hybrida*) along successive flower-cut cycles: a model and its calibration. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 101, n. 1/2, p. 127-141, 2004.
- SOOD, S.; VYAS, D.; NAGAR, P.K. Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.108, p. 390-396, 2006.
- TORRE, S.; FJELD, T. Water loss and postharvest characteristics of cut roses grown at high or moderate relative air humidity. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 89, n. 3, p. 217-226, 2001.
- VAN DOORN, W.G. Water relations of cut flowers. **Horticultural Reviews**, Hoboken, v. 18, n. 1, p. 55-106, 2010.
- VAN DOORN, W.G.; KAMDÉE, C. Flower opening and closure: an update. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 65, n. 20, p. 5749–5757, Nov. 2014.
- VILLAS BOAS, R.L. et al. Exportação de nutrientes e qualidade de cultivares de rosas em campo e em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 515-519, 2008.
- WOLLMANN, C.A. **Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae spp.*) no Rio Grande do Sul**. 2011. 2 v. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- ZIESLIN, N.; HALEVY, A.H. Flower bud atrophy in ‘Baccara’ roses. II. The effect of environmental factors. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 3, n. 4, p. 383-391, 1975.