

*Organizadores*  
Joyce Naiara da Silva  
Carla Michelle da Silva  
Antônio Veimar da Silva  
Manoel Cícero de Oliveira Filho

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS EM FOCO

*Uma Visão Multidisciplinar e Interdisciplinar*

*Organizadores*  
Joyce Naiara da Silva  
Carla Michelle da Silva  
Antônio Veimar da Silva  
Manoel Cícero de Oliveira Filho

# CIÊNCIAS AGRÁRIAS EM FOCO

*Uma Visão Multidisciplinar e Interdisciplinar*

© 2023 – Editora MultiAtual

[www.editoramultiatual.com.br](http://www.editoramultiatual.com.br)

editoramultiatual@gmail.com

### **Organizadores**

Joyce Naiara da Silva

Carla Michelle da Silva

Antônio Veimar da Silva

Manoel Cícero de Oliveira Filho

**Editor Chefe:** Jader Luís da Silveira

**Editores e Arte:** Resiane Paula da Silveira

**Capa:** Freepik/MultiAtual

**Revisão:** Respective autores dos artigos

### **Conselho Editorial**

Ma. Heloisa Alves Braga, Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, SEE-MG

Me. Ricardo Ferreira de Sousa, Universidade Federal do Tocantins, UFT

Me. Guilherme de Andrade Ruela, Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF

Esp. Ricalael Spirandeli Rocha, Instituto Federal Minas Gerais, IFMG

Ma. Luana Ferreira dos Santos, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Ana Paula Cota Moreira, Fundação Comunitária Educacional e Cultural de João Monlevade, FUNCEC

Me. Camilla Mariane Menezes Souza, Universidade Federal do Paraná, UFPR

Ma. Jocilene dos Santos Pereira, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC

Ma. Tatiany Michelle Gonçalves da Silva, Secretaria de Estado do Distrito Federal, SEE-DF

Dra. Haiany Aparecida Ferreira, Universidade Federal de Lavras, UFLA

Me. Arthur Lima de Oliveira, Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do RJ, CECIERJ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ciências Agrárias em Foco: Uma Visão Multidisciplinar e Interdisciplinar  
S586c / Joyce Naiara da Silva, Carla Michelle da Silva, Antônio Veimar da Silva (organizadores). – Formiga (MG): Editora MultiAtual, 2023. 220 p. : il.

Outro organizador:  
Manoel Cícero de Oliveira Filho

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-6009-047-7  
DOI: 10.5281/zenodo.10396918

1. Ciências Agrárias. 2. Agronomia geral. 3. Multidisciplinar e Interdisciplinar. I. Silva, Joyce Naiara da. II. Silva, Carla Michelle da. III. Silva, Antônio Veimar da. IV. Título.

CDD: 630.7  
CDU: 631/63

*Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.*

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora MultiAtual  
CNPJ: 35.335.163/0001-00  
Telefone: +55 (37) 99855-6001  
[www.editoramultiatual.com.br](http://www.editoramultiatual.com.br)  
[editoramultiatual@gmail.com](mailto:editoramultiatual@gmail.com)  
Formiga - MG  
Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:  
<https://www.editoramultiatual.com.br/2023/12/ciencias-agrarias-em-foco-uma-visao.html>



**CIÊNCIAS AGRÁRIAS EM FOCO**  
**Uma Visão Multidisciplinar e Interdisciplinar**

**1ª edição**

**Organizadores**

**Joyce Naiara da Silva**

**Carla Michelle da Silva**

**Antônio Veimar da Silva**

**Manoel Cícero de Oliveira Filho**

**AUTORES**

**ANDREZA MADDALENA  
ANDERSON DELFINO MAURICIO NUNES  
ANNA BEATRIZ NOGUEIRA DE ARAÚJO  
ANTÔNIO MARCOS AZEVEDO BATISTA  
ANTÔNIO VEIMAR DA SILVA  
ARTHUR HENRIQUE PEIXE DA CUNHA MARTINS  
BRUNO ANTÔNIO LEMOS DE FREITAS  
CARLA MICHELLE DA SILVA  
CAROLINE MARQUES RODRIGUES  
DANIELA ALMEIDA DE ASSUNÇÃO  
DANIELA VIEIRA CHAVES  
DHERY VITAL TEIXEIRA  
EDMILSON GOMES DAS NEVES  
EDNA URSULINO ALVES  
ERIVAN DOS SANTOS SOUSA  
EWERTON DA SILVA BARBOSA  
FRANCISCO JOSÉ LINO DE SOUSA  
GENILZA ALMEIDA DA GRAÇA  
GUILHERME VINICIUS GONÇALVES DE PÁDUA  
GUSTAVO COSTA MATEZ  
HIGOR MACARTER SENRA  
IDAMAR DA SILVA LIMA  
JÉSSICA SOUSA NÓBREGA  
JOANA D'ARC MENDES VIEIRA  
JOÃO FELIPE MOTA DA SILVA  
JOYCE NAIARA DA SILVA  
JÚLIO RENOVATO DOS SANTOS  
JÚNIOR PEREIRA DE SOUZA  
KAROLINE DE SOUZA FLORES  
KHYSON GOMES ABREU  
LUCAS MARQUES DE FREITAS FREIRE  
LUCILO JOSÉ MORAIS DE ALMEIDA  
LYLIAN SOUTO RIBEIRO  
MANOEL CÍCERO DE OLIVEIRA FILHO  
MARCELO AUGUSTO GUTIERREZ CARNELOSSI  
MARIANA ALVES VIEIRA  
MARIELLY RODRIGUES SANTOS  
MATHEUS DE ANDRADE BORBA  
MORGANNA NÓBREGA DE ALCÂNTARA  
NEILIANE MARIA SILVA SOUSA**

**PRYANKA THUYRA NASCIMENTO FONTES  
RENATA SILVA MANN  
RHALDNEY FELIPE DE SANTANA  
RYAN EDUARDO DA COSTA SANTOS  
SIDNEY SAYMON CÂNDIDO BARRETO  
TIAGO AUGUSTO DREWS  
TUPINAMBÁ COUTINHO FERREIRA  
WANDERLECIO RODRIGUES DA SILVA  
WELLINGTON MATHEUS DE PAULA MAIA  
WENDEL DE MELO MASSARANDUBA**

## APRESENTAÇÃO

As Ciências Agrárias desempenham um papel crucial no progresso socioeconômico, especialmente devido à sua natureza multidisciplinar, cujas influências se manifestam em diversos aspectos da sociedade. E seu estudo no Brasil é de suma importância, visto que a Agropecuária é uma das principais atividades econômica do país, sendo um dos maiores exportadores de alimentos do mundo.

Nesse contexto, o presente e-book reúne 14 capítulos abordando diversas áreas das ciências agrárias, dentre elas a influência dos estresses abióticos na germinação, importância e utilização da cana-de-açúcar, influência da nutrição no desenvolvimento das plantas, diversidade genética e conservação de frutíferas, controle de pragas, pós-colheita e conservação de frutíferas e hortaliças, influência climática na produção das lavouras, dentre outros.

Esta obra tem como intuito a disseminação dos conhecimentos técnicos científicos das ciências agrárias, é um recurso valioso para estudantes, pesquisadores e profissionais que buscam uma compreensão mais profunda das ciências agrárias e seu impacto na sociedade. O livro é projetado para fornecer uma visão ampla e aprofundada das ciências agrárias, abordando uma variedade de tópicos e perspectivas. Ele se esforça para ir além das fronteiras tradicionais da disciplina, integrando insights de várias áreas de estudo para fornecer uma compreensão mais rica e mais completa do campo.

Este livro é um recurso valioso para estudantes, pesquisadores e profissionais que buscam uma compreensão mais profunda das ciências agrárias. Ele oferece uma visão abrangente e multidisciplinar do campo, tornando-o uma leitura essencial para qualquer pessoa interessada em agricultura e seu papel na economia global.

Esperamos que você encontre este livro informativo e inspirador, e que ele o ajude a expandir sua compreensão das ciências agrárias. Boa leitura!

**Os organizadores**



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	10
Organizadores	
<b>INTERAÇÃO ENTRE DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E TEMPERATURA NA OTIMIZAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE GERGILIM</b> .....	11
Jéssica Sousa Nóbrega, Joyce Naiara da Silva, Edmilson Gomes das Neves, Morganna Nóbrega de Alcântara, Caroline Marques Rodrigues, Guilherme Vinicius Gonçalves de Pádua, Ewerton da Silva Barbosa, Edna Ursulino Alves	
<b>SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTRATÉGIAS PARA A AGRICULTURA RESPONSÁVEL E A REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS</b> .....	23
Carla Michelle da Silva, Antônio Veimar da Silva, Antônio Marcos Azevedo Batista, Lucilo José Morais de Almeida, Arthur Henrique Peixe da Cunha Martins, Tupinambá Coutinho Ferreira, Wellington Matheus de Paula Maia, Matheus de Andrade Borba, Dhery Vital Teixeira	
<b>EFEITO DA FERTILIZAÇÃO COM BIOESTIMULANTES, ENXOFRE E ZINCO NO RENDIMENTO DO MILHO NO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL</b> .....	36
Antônio Veimar da Silva, Carla Michelle da Silva, Antônio Marcos Azevedo Batista, Lucilo José Morais de Almeida, Wellington Matheus de Paula Maia, Sidney Saymon Cândido Barreto, Dhery Vital Teixeira, Tiago Augusto Drews	
<b>ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE MILHO SOB FERTILIZANTE POTÁSSICO E RESPOSTA RESIDUAL EM FEIJÃO</b> .....	54
Antônio Veimar da Silva, Carla Michelle da Silva, Arthur Henrique Peixe da Cunha Martins, Wellington Matheus de Paula Maia, Gustavo Costa Mates, Tiago Augusto Drews	
<b>O ÁCIDO PIROLENHOSO DEMONSTRA EFICÁCIA NO MANEJO DE INFESTAÇÕES DE PULGÃO PRETO E AUMENTA A PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI</b> .....	74
Antônio Veimar da Silva, Carla Michelle da Silva, Bruno Antônio Lemos de Freitas, Sidney Saymon Cândido Barreto	
<b>DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR: PERSPECTIVAS, DESAFIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS</b> .....	84
Carla Michelle da Silva, Antônio Veimar da Silva, Bruno Antônio Lemos de Freitas, Lucilo José Morais de Almeida, Matheus de Andrade Borba, Júnior Pereira de Souza	
<b>A CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUTOS BIODEGRADÁVEIS E BIOPLÁSTICOS</b> .....	98

Antônio Veimar da Silva, Carla Michelle da Silva, Lucilo José Morais de Almeida, Neiliane Maria Silva Sousa, Matheus de Andrade Borba, Dhery Vital Teixeira

**A IMPORTÂNCIA DOS MACRO E MICRONUTRIENTES PARA A PRODUÇÃO DE SEMENTE DE QUALIDADE..... 110**

Carla Michelle da Silva, Antônio Veimar da Silva, Bruno Antônio Lemos de Freitas, Sidney Saymon Cândido Barreto, Karoline de Souza Flores

**DIVERSIDADE GENÉTICA E CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE *HANCORNIA SPECIOSA* GOMES..... 133**

Anna Beatriz Nogueira de Araújo, Marielly Rodrigues Santos, Genilza Almeida da Graça, Wendel de Melo Massaranduba, Renata Silva Mann, Mariana Alves Vieira, Ryan Eduardo da Costa Santos, João Felipe Mota da Silva

**FATORES PRÉ E PÓS-COLHEITA QUE AFETAM A QUALIDADE FINAL DE FRUTAS E HORTALIÇAS..... 155**

Genilza Almeida da Graça, Idamar da Silva Lima, Júlio Renovato dos Santos, Anna Beatriz Nogueira de Araújo, Wendel de Melo Massaranduba, Marielly Rodrigues Santos, Pryanka Thuyra Nascimento Fontes, Mariana Alves Vieira

**HIDRORESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS ..... 177**

Idamar da Silva Lima, Marcelo Augusto Gutierrez Carnelossi, Anna Beatriz Nogueira de Araújo, Genilza Almeida da Graça, Wendel de Melo Massaranduba, Marielly Rodrigues Santos, Mariana Alves Vieira, Daniela Almeida de Assunção

**RELAÇÃO ENTRE A VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E A PRODUÇÃO DE LAVOURAS PERMANENTES NO MUNICÍPIO DE PICOS - PI..... 187**

Manoel Cícero de Oliveira Filho, Khyson Gomes Abreu, Lylian Souto Ribeiro, Andrezza Maddalena, Rhaldney Felipe de Santana, Wanderlecio Rodrigues da Silva, Anderson Delfino Mauricio Nunes, Lucas Marques de Freitas Freire

**TRATAMENTO BIOLÓGICO EM SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI E SEUS PRINCIPAIS PATÓGENOS ..... 198**

Carla Michelle da Silva, Bruno Antônio Lemos de Freitas, Antônio Veimar da Silva

**DESENVOLVIMENTO DE SOJA SUBMETIDA A ESTRESSE HÍDRICO ..... 209**

Joana D'arc Mendes Vieira, Tiago Augusto Drews, Francisco José Lino de Sousa, Carla Michelle da Silva, Erivan dos Santos Sousa, Higor Macarter Senra, Daniela Vieira Chaves

**ORGANIZADORES..... 219**

## *Capítulo 1*

# **INTERAÇÃO ENTRE DISPONIBILIDADE DE ÁGUA E TEMPERATURA NA OTIMIZAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE GERGILIM**

Jéssica Sousa Nóbrega<sup>1</sup>, Joyce Naiara da Silva<sup>2</sup>, Edmilson Gomes das Neves<sup>2</sup>, Morganna Nóbrega de Alcântara<sup>1</sup>, Caroline Marques Rodrigues<sup>2</sup>, Guilherme Vinicius Gonçalves de Pádua<sup>2</sup>, Ewerton da Silva Barbosa<sup>2</sup>, Edna Ursulino Alves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, Lagoa Seca-PB, e-mail: [jessica\\_n\\_pb@yahoo.com.br](mailto:jessica_n_pb@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba a – UFPB/Campus II, Areia-PB.

## **INTRODUÇÃO**

Dentre os diversos fatores ambientais que podem influenciar a germinação, a disponibilidade de água é um dos mais importantes, visto que a embebição das sementes desempenha um papel fundamental no processo de germinação, conseqüentemente, a ocorrência de déficit hídrico nas plantas reduz a velocidade de germinação e retarda o desenvolvimento das mudas (PIRES et al., 2016). A temperatura também pode ser vista como um fator que interfere na dinâmica de absorção de água, ao regular a velocidade com que a água passa pelo tegumento seminal e pelas membranas celulares, limitando a velocidade das reações bioquímicas e os processos fisiológicos que determinam a germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Desse modo, a germinação e o estabelecimento de mudas dependem das temperaturas circundantes, visto que cada espécie contém um conjunto particular de requisitos, em que ocorrem declínios no processo germinativo, com valores acima ou abaixo da faixa ótima de temperatura (MASONDO et al., 2018). Assim, o conhecimento de tolerância a fatores abióticos, como a disponibilidade de água e sua interação com a temperatura, pode gerar subsídios para otimizar a germinação e o vigor das sementes (VALDOVINOS et al., 2021).

Algumas pesquisas, simulando o efeito do déficit hídrico em diferentes temperaturas na germinação e vigor de sementes foram realizadas, como de Valdovinos et al. (2021) ao estudarem a influência do estresse hídrico na germinação de sementes de três espécies arbóreas (*Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos e *H. impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos) e concluírem que o aumento do déficit hídrico em maior proporção, quando associado a temperaturas mais elevadas a germinação das sementes. Entretanto, Almeida et al. (2019) observaram que a redução do potencial osmótico diminuiu a germinação das sementes e o crescimento de plântulas de maxixe, porém nas temperaturas mais baixas houve danos mais severos no processo germinativo. Com gergelim existem trabalhos que avaliaram os efeitos isolados de temperaturas (SANCHES et al., 2016; OJEDA et al., 2021) e restrição hídrica (SILVA et al., 2016; SRAVANTHI et al., 2022), mas são necessários estudos com interação desses fatores em distintas condições edafoclimáticas.

O gergelim é a mais antiga oleaginosa conhecida com grande potencial de aproveitamento econômico, de suas sementes, do óleo e de seus subprodutos (SANTOS et al., 2021). Os seus grãos contêm óleo com alta qualidade nutricional devido à presença de ácidos graxos insaturados, como oleico e linoleico, além de ser utilizado na fabricação de massas, doces, tortas, tintas, sabonetes, cosméticos e medicamentos ricas em óleo de excelente qualidade, com propriedades antioxidantes (LIMA et al., 2020).

O plantio dessa cultura ocorre principalmente nas pequenas propriedades do Nordeste em condições de sequeiro (DIAS et al., 2018), entretanto, as produções agrícolas têm limitações no semiárido do Nordeste brasileiro devido às peculiaridades físico-ambientais dessa região, como altas temperaturas e escassez hídrica (SANTOS et al., 2019a).

Dessa forma, o cultivo do gergelim no Nordeste é, em sua maioria, realizado com sementes crioulas, também denominadas de sementes da paixão, que visam garantir aos agricultores a certeza do que estão cultivando (ANDRADE et al., 2020). Essas sementes são as que melhor se adaptam a cada região onde ocorrem, em virtude de se aperfeiçoarem por meio da seleção natural, na qual os indivíduos mais vigorosos permanecem (SANTOS et al., 2017). Contudo são necessários estudos para avaliar a qualidade fisiológica dessas sementes, por se tratar de um material que, às vezes, encontra-se condicionado a condições de armazenamento não muito favoráveis ou que não possuam o vigor esperado.

A cultura do gergelim se constitui em uma alternativa de importância econômica e social para as condições semiáridas do Nordeste brasileiro, por ser de fácil cultivo, e, principalmente, por gerar trabalho, renda e ser fonte de alimento para pequenos e médios produtores (SOUZA et al., 2013). Assim como, a qualidade da semente é um dos principais responsáveis pelo sucesso das culturas no campo, nessa perspectiva no presente trabalho objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre uma análise abrangente, buscando explorar e compreender melhor os principais aspectos relacionados à qualidade das sementes.

## **METODOLOGIA**

Na elaboração deste estudo, foi conduzida uma revisão exploratória que se fundamentou na análise abrangente da literatura, através de uma leitura analítica com o objetivo de organizar e sintetizar os dados provenientes das fontes, de modo a viabilizar a oferta de soluções para a questão de pesquisa.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Caracterização e importância do gergelim**

O gergelim (*Sesamum indicum* L.), pertence à família Pedaliaceae, tem a África como seu centro de origem devido ao grande número de espécies do gênero *Sesamum* nesse continente (DIAS *et al.*, 2018). A planta é anual, herbácea com 0,5 a 2 m de altura, tipo multiflora onde a semente oleaginosa é recoberta dentro da cápsula do fruto, com 50 a 100 sementes dentro de uma cápsula, as quais demandam de três a seis semanas após a fertilização para amadurecer. A cápsula tem seções retangulares e um bico triangular curto, profundamente sulcado, com comprimento de 2,5 a 8 cm, 4 a 12 lóculos e geralmente cobertos por pelos até certo ponto e as sementes são pequenas ovais com várias cores que variam de branco, preto, amarelo, cinza, marrom escuro ou verde oliva com comprimento aproximado de 2,5-3,0 mm e largura de 1,5 mm (MILI *et al.*, 2021).

A cultura é autopolinizada, mas geralmente suas flores atraem insetos que resultam em polinização cruzada de aproximadamente 65% e possui grande diversidade entre suas centenas de variedades, dependendo da abertura da cápsula, ela é dividida em

dois tipos, estilhaçando e não estilhaçando, no tipo estilhaçante, as cápsulas de frutos maduros estouram para liberar as sementes (FERREIRA; BELTRÃO, 2013).

O gergelim é considerado a nona oleaginosa mais plantada no mundo (CORDÃO *et al.*, 2020), mas, apesar disso, sua produção é considerada insuficiente para atender a demanda do consumidor, o que é atribuído ao baixo rendimento das cultivares, crescimento indeterminado, alto custo de semeadura, maturação desuniforme das cápsulas, bem como a falta de colheita mecanizada (ARAÚJO *et al.*, 2018a).

O cultivo do gergelim, embora com produtividade inferior a maioria das oleaginosas cultivadas, como por exemplo, soja, coco, dendê, amendoim, girassol e mamona, merece incentivo na sua exploração por representar uma excelente opção agrícola ao alcance do pequeno e médio produtor, exigindo práticas agrícolas simples e de fácil assimilação (FERREIRA; BELTRÃO, 2013).

A utilização principal do gergelim é "in natura", compondo os produtos da indústria alimentícia e de panificação, uma vez que o grão possui 50-60% de óleo, 20% de proteínas, 18% de carboidratos, 5% de fibras, cálcio, fósforo, ferro, potássio, sódio, magnésio e enxofre, sendo o óleo rico em compostos antioxidantes (SOUZA *et al.*, 2013).

Os produtos industrializados derivados de gergelim mais utilizados pelo mercado brasileiro são os seguintes: gergelim natural limpo (13% do mercado), gergelim despelculado para pães e biscoitos (62% do mercado), pasta de gergelim (tahine) (22% do mercado) e óleo de gergelim (3% do mercado) (CORDÃO *et al.*, 2020).

O óleo de gergelim é utilizado na indústria alimentícia e possui propriedades antibacterianas, antivirais, antifúngicas e antioxidantes, de forma que aproximadamente 73% é empregado para fins comestíveis, enquanto 8,3% é usado para hidrogenação e 4,2% para funções industriais na fabricação de produtos farmacêuticos, nutracêuticos, tintas, medicamentos e pesticidas (SRAVANTHI *et al.*, 2022).

### **Sementes crioulas**

As sementes crioulas são definidas como sementes de variedade local ou tradicional, conservadas, selecionadas e manejadas por agricultores familiares, quilombolas, indígenas e outros povos tradicionais (PINTO *et al.*, 2021). Na Paraíba, as sementes crioulas são denominadas por sementes da paixão, devido à sua importância reconhecida, sobretudo pelas famílias agricultoras, uma vez que são as que melhor se

adaptam a cada região onde ocorrem, visto que se aperfeiçoaram por meio da seleção natural, na qual os indivíduos mais vigorosos permaneceram (SANTOS *et al.*, 2017).

As famílias nessa região têm a tradição de produzir, armazenar e conservar as sementes em suas casas, ao longo de gerações, conhecimento herdado de seus antepassados e que mantém a agrobiodiversidade, além disso, possuem materiais adaptados às suas realidades (social, econômica e ecológica) e proporcionam a troca de recursos genéticos, motivam a experimentação entre si e favorecem o aprimoramento desses materiais nas condições locais, a partir da seleção de plantas, da produção e do melhoramento das sementes ao longo do tempo (SANTOS *et al.*, 2019b). Essa estratégia é importante para a convivência com o semiárido porque favorece a estocagem de sementes, alimentos, forragem e, conseqüentemente, a segurança e soberania alimentar e nutricional.

O banco dessas sementes contém variedades que guardam a riqueza natural das comunidades e representa o fortalecimento da identidade das pessoas do campo, garantindo a autonomia das famílias na produção de alimentos saudáveis e de boa qualidade, resgatando a cultura das gerações passadas e desempenhando um importante papel na preservação e multiplicação de espécies nativas (CUNHA, 2013).

As espécies que são utilizadas para estocagem nos bancos de sementes crioulas no Nordeste são milho, feijão, melancia, pepino, jerimum e gergelim, para realizar o cultivo dessas espécies em regime de sequeiro na época das chuvas (ANDRADE *et al.*, 2020). Essa atividade tem um papel fundamental para os nordestinos, por não ser simplesmente o fator econômico, como também a preservação de suas raízes socioculturais, as quais resultam em melhoramentos para os produtores e para meio ambiente em geral (ANDRADE *et al.*, 2020).

Entretanto, esses bancos de sementes em algumas situações, promovem problemas decorrentes do armazenamento com altas umidades e temperaturas, características típicas de regiões de clima tropical, promovendo redução na qualidade fisiológica das sementes (NOBRE *et al.*, 2013). Trabalhos sobre conservação de sementes de gergelim, em especial com banco de sementes, são raros e as informações disponíveis, insuficientes, necessitando de investigações mais detalhadas que transmitam maior segurança ao produtor na busca por lucratividade (SANCHES *et al.*, 2016).

## Estresses abióticos na germinação de sementes

O vigor influencia diretamente o desenvolvimento inicial da planta e pode ser influenciado pelas condições ambientais durante o desenvolvimento das sementes (MARCOS-FILHO, 2015). Dessa forma, baixa porcentagem de germinação, maior susceptibilidade de sementes e mudas com crescimento lento, menor desenvolvimento radicular, estão associados a sementes que possuem um baixo potencial fisiológico (NAKAO *et al.*, 2018).

Além disso, a atuação da temperatura afeta o processo germinativo de três maneiras, sobre o total, a velocidade e uniformidade de germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), uma vez que interfere na dinâmica da absorção de água, nos limites e velocidade das reações bioquímicas, além dos processos fisiológicos que determinam todo o processo germinativo (MARCOS-FILHO, 2015).

As temperaturas mais altas aumentam a velocidade de germinação, porém apenas as sementes mais vigorosas germinam, ocasionando baixa porcentagem de germinação, enquanto em temperaturas mínimas há redução na velocidade de germinação e alteração na uniformidade de emergência, entretanto, em temperatura ótima ocorre a porcentagem máxima de germinação em menor tempo (MENDOZA *et al.*, 2015).

No caso específico do gergelim, a faixa ótima de temperatura para germinação de suas sementes situa-se entre 20 à 30 °C (BRANCALION *et al.*, 2010), entretanto, estudos demonstraram que a faixa mínima para germinação de sementes da cultivar BRS Seda encontra-se entre 20 a 25 °C e a temperatura máxima na faixa de 25 a 30 °C (SANCHES *et al.*, 2016). Em outro estudo, constatou-se que a temperatura de 20 °C afetou negativamente a primeira contagem e o índice de velocidade de germinação e as temperaturas constantes de 25 e 30 °C promoveram maior porcentagem de plântulas normais e estabilizaram a germinação em menor espaço de tempo (OJEDA *et al.*, 2021). Portanto, estudos com sementes oriundas de distintas condições edafoclimáticas são importantes para traçar diagnósticos mais precisos.

Outro fator que influencia negativamente no processo germinativo é o estresse hídrico, por retardar o processo (HARFI *et al.*, 2016). As técnicas utilizadas em laboratório para simular condições de estresse hídrico no substrato têm sido com soluções aquosas de diferentes potenciais osmóticos, dentre os compostos químicos destaca-se o



polietileno glicol (PEG 6000) porque pode provocar atraso no processo germinativo ou diminuição na porcentagem final de germinação (MEDEIROS *et al.*, 2015).

Ao estudarem os efeitos dos potenciais osmóticos na germinação de sementes de feijão, Araújo *et al.* (2018b) observaram que os baixos potenciais osmóticos proporcionados no experimento, possivelmente, dificultaram a entrada de água na semente e caracterizaram o baixo desenvolvimento das plântulas, isso porque a semente possui uma reserva, que passa a ser metabolizada quando encontra condições ambientais ideais, formando inicialmente raízes e, posteriormente, hipocótilos.

A germinação e o desenvolvimento inicial de plântulas de *Combretum leprosum* foram afetados negativamente pelos baixos potenciais osmóticos e, as temperaturas de 25 e 35 °C acentuaram o efeito negativo do baixo potencial osmótico da água sobre a germinação e o desenvolvimento inicial das plântulas (LEAL *et al.*, 2020). A redução do potencial osmótico diminuiu a germinação das sementes, o crescimento e o teor de pigmentos cloroplastídicos das plântulas de *Cucumis anguria*, porém sendo mais drástica em níveis inferiores a -0,2 MPa (ALMEIDA *et al.*, 2019). Os autores ainda destacaram que as baixas temperaturas potencializaram os efeitos do estresse hídrico na germinação de sementes.

Ao avaliar variações de luminosidade, temperatura e potencial osmótico na germinação de sementes de *Eragrostis plana*, Maldaner *et al.* (2019) verificaram que a diminuição do potencial osmótico simulado pelo PEG 6000 diminuiu o vigor avaliado pela primeira contagem e pelo índice de velocidade de germinação, assim como a porcentagem final de germinação, salientando-se que a germinação foi completamente inibida em temperaturas abaixo de 15 °C e acima de 40 °C.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Compreender a interação entre temperatura, disponibilidade de água e potencial osmótico é essencial para otimizar a germinação e o vigor das sementes porque esses fatores desempenham um papel crucial no desenvolvimento inicial das plantas e influenciam diretamente no sucesso da cultura;

A temperatura desempenha um papel importante na germinação, sendo que as mais altas aumentam a velocidade de germinação, mas apenas as sementes mais vigorosas germinam, resultando assim numa baixa porcentagem de germinação e que em

temperaturas mínimas, a velocidade de germinação diminui e a uniformidade de emergência é afetada, salientando-se que a temperatura ótima permite a máxima porcentagem de germinação em menor tempo;

No caso específico do gergelim, a faixa ótima de temperatura para germinação situa-se entre 20 e 30 °C, mas estudos demonstraram que temperaturas constantes de 25 e 30 °C promovem maior porcentagem de plântulas normais e estabilizam a germinação em menor tempo;

A disponibilidade de água é outro fator fundamental para o desenvolvimento das sementes de gergelim (*Sesamum indicum* L.), embora essa cultura seja considerada rústica e pouco exigente em relação à água, entender suas necessidades hídricas é essencial para otimizar o cultivo;

O estresse hídrico também afeta negativamente o processo germinativo, porque os baixos potenciais osmóticos dificultam a entrada de água na semente, prejudicando o desenvolvimento das plântulas. Além disso, as baixas temperaturas potencializam os efeitos do estresse hídrico na germinação;

A qualidade da semente é outro fator crucial para o sucesso das culturas agrícolas por influenciar diretamente a produtividade e o desempenho das plantas no campo, sendo assim determinante para o potencial produtivo da lavoura, uma vez que carrega o material genético que influenciará o desempenho das plantas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. P. N. D.; PAIVA, E. P. D.; TORRES, S. B.; SÁ, F. V. D. S.; LEITE, M. D. S. Germinação e alterações bioquímicas em sementes de maxixe das Índias Ocidentais sob estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, p. 411-419, 2019.

ANDRADE, J. G.; SILVA, M. G.; OLIVEIRA-FILHO, F. S.; FEITOSA, S. S. Diagnóstico das técnicas de produção e armazenamento de sementes crioulas em assentamentos rurais de Aparecida, Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, p. e130953147, 2020.

ARAÚJO, M. E.; BARBOSA, E. G.; GOMES, F. A.; TEIXEIRA, I. R.; LISBOA, C. F.; ARAÚJO, R. S.; CORRÊA, P. C. Propriedades físicas de sementes de gergelim colhidas em diferentes

estádios de maturação e terços da planta. **Revista Chilena de Pesquisa Agrícola**, v. 78, n. 4, p. 495-502, 2018.

ARAÚJO, M. L.; MAGALHÃES, A. C. M.; ABREU, M. G. P.; ABREU, M. G. P.; ARAÚJO, J.; MELHORANÇA-FILHO, A. L. Efeito de diferentes potenciais osmóticos sobre a germinação e o desenvolvimento de plântulas de feijão enxofre. **Ensaio**, v.22, n.3, p. 201-204, 2018b.

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CORDÃO, M. A.; GALVÃO SOBRINHO, T.; ANDRADE, K. D. B.; TAVARES, A. J. F.; NASCIMENTO, R. Plântulas de gergelim cv. BRS Seda sob aplicação de água salinizada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 3, p. 319-324, 2020.

CUNHA, F. L. **Sementes da paixão e as políticas públicas de distribuição de sementes na Paraíba**. 2013. 184 f. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas, Seropédica, Rio de Janeiro, 2013.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v. 23, n. 2, p. 220-234, 2018.

FERREIRA, L. L.; BELTRÃO, N. E. M. Aspectos fisiológicos e ecofisiológicos para a cultura do gergelim. In: BELTRÃO, N. E. M.; FERREIRA, L. L.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M. S.; ROCHA, M. S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N. **O gergelim e seu no semiárido brasileiro**. Natal: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2013. 240 p.

HARFI, M.; HANINE, H.; RIZKI, H.; LATRACHE, H.; NABLOUSSI, A. Effect of drought and salt stress on germination and early seed ling growth of different color seeds of sesame (*Sesamum indicum*). **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 18, n. 6, p. 1088-1094, 2016.

LEAL, C. C. P.; TORRES, S. B.; DANTAS, N. B. D. L.; AQUINO, G. S. M.; ALVES, T. R. C. (2020). Water stress on germination and vigor of 'mofumbo' (*Combretum leprosum* Mart.) seeds at different temperatures. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, e20186357, 2020.

LIMA, G. S.; LACERDA, C. N.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; ARAÚJO, R. H. C. R. Production characteristics of sesame genotype under different strategies of saline water application. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 490-499, 2020.

LIMA, B. F. S.; ALMEIDA, T. T.; OLIVEIRA, A. S.; MACHADO, G. L. Qualidade fisiológica de sementes de gergelim em função do equilíbrio higroscópico em diferentes saís. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 17, n. 1, p. 18-22, 2021.

MALDANER, J.; STEFFEN, G. P. K.; MISSIO, E. L.; SALDANHA, C. W.; MORO, T. S.; CONTERATO, I. F.; FLORES, R.; MORAIS, R. M. Variations in luminosity, temperature and osmotic potential affect the *Eragrostis plana* germination. **Agrociencia**, v. 23, n. 1, p. 1-7, 2019.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MASONDO, N. A.; KULKARNI, M. G.; FINNIE, J. F.; STADEN, J. V. Influence of biostimulants-seed-priming on *Ceratothera triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential, and salinity stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, n. 1, p. 43-48, 2018.

MENDOZA, C. P.; FUENTES, L. T.; AGUILERA, L. A.; CRISTALDO, R. M. O. Efecto de diferentes temperaturas sobre localidade fisiológica de semillas de sésamo. **Investigación Agraria**, v. 17, n. 2, p. 122-128, 2015.

MEDEIROS, D. S.; ALVES, E. U.; SENA, D. V. A.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, L. R. Desempenho fisiológico de sementes de gergelim submetidas a estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3069-3075, 2015.

MILI, A.; DAS, S.; NANDAKUMAR, K.; LOBO, R. A comprehensive review on *Sesamum indicum* L.: botanical, ethnopharmacological, phytochemical, and pharmacological aspects. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 281, n. 1, p. e.114503, 2021.

NAKAO, A. H.; COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; CATALANI, G. C. Características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de

soja em função da adubação foliar com boro e zinco. **Cultura Agronômica**, v. 27, n. 3, p. 312-327, 2018.

NOBRE, D. A. C.; TROGELLO, E.; MORAIS, D. L. B.; BRANDÃO-JÚNIOR, D. S. Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum* L.) em diferentes épocas de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 609-616, 2013.

OJEDA, V. L.; OLIVEIRA, A. S.; ALMEIDA, T. T.; BÁRBARA, C. N. V. Temperatura como fator determinante na primeira contagem do teste de germinação de *Sesamum indicum*. **Ciência Agrícola**, v. 19, n. 2, p. 155-163, 2021.

PIRES, R. M. O.; SOUZA, G. A.; DIAS, D. C. F. S.; OLIVEIRA, L. A.; BORGES, E. E. L. Protective action of nitric oxide in sesame seeds submitted to water stress. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 4, p. 350-357, 2016.

PINTO, K. M.; NORONHA, D. A.; MOSER, L. M. Qualidade sanitária de sementes crioulas de feijão de corda no agreste de Pernambuco. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 153-167, 2021.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; COSTA, J. M.; MOREIRA, E. G. S.; COSME, S. S. Condicionamento térmico na qualidade fisiológica de sementes de gergelim. **Acta Iguazu**, v.5, n. 1, p. 1-10, 2016.

SANTOS, M. S.; BARROS, M. K. L. V.; BARROS, H. M. M.; BAROSI, K. X. L.; CHICÓ, L. R. Sementes crioulas: sustentabilidade no semiárido paraibano. **Agrarian Academy**, v. 4, n. 7, p. 403-418, 2017.

SANTOS, S. S.; FERNANDES, P. D.; QUEIROZ, M. F.; ARRIEL, N. H. C.; RIBEIRO, V. H. A.; FERNANDES, J. D. Physiology and production of sesame genotypes BRS-Seda and Preto under organomineral fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 12, p. 914-918, 2019a.

SANTOS, A. S.; CURADO, F. F.; TAVARES, E. D. Pesquisas com sementes crioulas e suas interações com as políticas públicas na região Nordeste do Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 36, n. 3, p. e26514, 2019b.

SANTOS, M. G.; SOUZA, E. G. F.; SOUZA, L. V.; PEREIRA, L. A. F.; SOUZA, A. R. E.; BARROS JÚNIOR, A. P.; BEZERRA-NETO, F.; SILVEIRA, L. M. Nitrogen fertilization on the agro-

economic performance of sesame in the Brazilian semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. 1, p. e01928, 2021.

SILVA, R. T. D.; OLIVEIRA, A. B. D.; LOPES, M. D. F. D. Q.; GUIMARÃES, M. D. A. DUTRA, A. S. Physiological quality of sesame seeds produced from plants subjected to water stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 643-648, 2016.

SOUZA, W. C. O.; FERREIRA, L. L.; BELTRÃO, N. E. M. Aspectos socioeconômicos associados à cultura do gergelim. In: BELTRÃO, N. E. M.; FERREIRA, L. L.; QUEIROZ, N. L.; TAVARES, M. S.; ROCHA, M. S.; ALENCAR, R. D.; PORTO, V. C. N. **O gergelim e seu no semiárido brasileiro**. Natal: Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2013. 240 p.

SRAVANTHI, A. L.; RATNAKUMAR, P.; REDDY, S.; ESWARI, K. B.; PANDEY, B. B.; MANIKANTA, C.; RAMYA, K. T.; SONIA, E.; MOHAPATRA, S.; GOPIKA, K.; ANUSHA, P. L.; YADAV, P. Morpho-physiological, quality traits and their association with seed yield in sesame (*Sesamum indicum* L.) indigenous collection under deficit moisture stress. **Plant Physiology Reports**, v. 27, n. 1, p. 132-142, 2022.

VALDOVINOS, T. M.; PAULA, R. C.; SILVA, P. C. C.; FANCHINI, G. Seed germination of three species of Bignoniaceae trees under water stress. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 4, p. e20207560, 2021.

## Capítulo 2

# SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR: ESTRATÉGIAS PARA A AGRICULTURA RESPONSÁVEL E A REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Carla Michelle da Silva<sup>1</sup>, Antônio Veimar da Silva<sup>2</sup>, Antônio Marcos Azevedo Batista<sup>3</sup>,  
Lucilo José Morais de Almeida<sup>2</sup>, Arthur Henrique Peixe da Cunha Martins<sup>2</sup>, Tupinambá  
Coutinho Ferreira<sup>4</sup>, Wellington Matheus de Paula Maia<sup>1</sup>, Matheus de Andrade Borba<sup>1</sup>,  
Dhery Vital Teixeira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa-MG, e-mail: [carla.mic@hotmail.com](mailto:carla.mic@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia – PB.

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá – PR.

<sup>4</sup>Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Teresina – PI.

<sup>5</sup>Orbis Educação, Manhuaçu – MG.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura agrícola de grande importância econômica e social para o Brasil. É a principal matéria-prima para a produção de açúcar, etanol e bioeletricidade, e é responsável por gerar milhares de empregos e renda para a população. No entanto, o cultivo de cana-de-açúcar também pode causar impactos ambientais negativos, como a emissão de gases de efeito estufa, a poluição do ar e da água, e a perda de biodiversidade. Nesse sentido, é fundamental adotar estratégias de produção sustentável para minimizar esses impactos e garantir a viabilidade econômica e ambiental da cultura.

A sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar ocorre em um contexto de crescente preocupação com os impactos ambientais da agricultura e deve ser considerado por todos os envolvidos na cadeia produtiva (FERNANDES; SILVA, 2022). A adoção de

estratégias de produção sustentável é fundamental para minimizar os impactos ambientais da cultura e garantir sua viabilidade econômica a longo prazo.

A cana-de-açúcar é uma cultura importante para a economia brasileira, sendo a principal matéria-prima para a produção de etanol e bioeletricidade no país (ANEEL, 2022). Em 2022, o Brasil foi o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma produção de 650 milhões de toneladas (IBGE, 2022). A cultura gera cerca de 3 milhões de empregos diretos e indiretos no Brasil (ABIEC, 2022).

Apesar da sua importância econômica, o cultivo de cana-de-açúcar também pode causar impactos ambientais negativos. Alguns desses impactos incluem: Emissão de gases de efeito estufa: O cultivo de cana-de-açúcar é uma atividade que emite grandes quantidades de gases de efeito estufa, como o metano e o dióxido de carbono. Esses gases contribuem para o aquecimento global; Poluição do ar: A queima de cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol é uma fonte importante de poluição do ar. Essa poluição pode causar problemas respiratórios e outros danos à saúde humana; Poluição da água: O uso de agrotóxicos e fertilizantes no cultivo de cana-de-açúcar pode contaminar as águas superficiais e subterrâneas. Essa contaminação pode prejudicar a qualidade da água para consumo humano e animal; Perda de biodiversidade: O cultivo de cana-de-açúcar pode levar à perda de biodiversidade, pois substitui a vegetação nativa por monoculturas. Isso pode afetar a fauna e a flora locais.

A falta de estudos sobre os impactos ambientais do cultivo em diferentes regiões do Brasil é uma lacuna de pesquisa a ser estudada. A maioria das pesquisas sobre os impactos ambientais da cana-de-açúcar é realizada na região Sudeste, onde a cultura é mais intensiva. No entanto, o cultivo da cana-de-açúcar ocorre em todas as regiões do Brasil, com diferentes condições climáticas e ambientais (ARAÚJO; SILVA, 2021). Essa lacuna de pesquisa dificulta o desenvolvimento de políticas públicas e ações de manejo que sejam eficazes em reduzir os impactos ambientais da cana-de-açúcar em todo o país.

A presente pesquisa é relevante para uma ampla gama de públicos como: Pesquisadores - a pesquisa sobre a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar é uma área importante de investigação, com o potencial de contribuir para o desenvolvimento de uma cultura mais sustentável e responsável; Produtores de cana-de-açúcar - os produtores de cana-de-açúcar podem se beneficiar da pesquisa sobre estratégias de produção sustentável, pois isso pode ajudá-los a reduzir os custos de produção e melhorar a produtividade da cultura; Políticas públicas - as políticas públicas podem ser baseadas



em pesquisas sobre a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar, para garantir que a cultura seja praticada de forma responsável; e até mesmo a Sociedade civil - a sociedade civil pode se beneficiar da pesquisa sobre a sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar, pois isso pode ajudá-la a entender os impactos ambientais da cultura e a exigir ações para reduzir esses impactos

A pesquisa sobre a sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar é uma área importante de investigação, com o potencial de contribuir para o desenvolvimento de uma cultura mais sustentável e responsável (SILVA *et al.*, 2023). Nesse contexto, a sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar busca conciliar a produção agrícola com a proteção ambiental. Para isso, são necessárias estratégias que minimizem os impactos ambientais da cultura e promovam a agricultura responsável e que veremos nos tópicos a seguir.

O objetivo desse trabalho é avaliar as estratégias de produção sustentável para a cana-de-açúcar, com foco na redução de impactos ambientais e na promoção da agricultura responsável.

## **METODOLOGIA**

A presente pesquisa é qualitativa e descritiva. Esse tipo de pesquisa, não se propõe a confirmar ou refutar hipóteses nem a fornecer respostas imediatas a questões específicas. Seu objetivo é estabelecer e desenvolver conhecimento sobre um contexto específico (BOGDAN; BIKLEN, 1994). A abordagem qualitativa busca compreender a essência do pensamento dos autores analisados, buscando uma interpretação detalhada e minuciosa, para ir além da superfície das aparências (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Os procedimentos metodológicos adotados nessa pesquisa baseiam-se na pesquisa bibliográfica, envolveram a coleta e análise de materiais previamente feitos, proporcionando uma abordagem inovadora e significativa que pode levar a novas interpretações e lições (MARCONI; LAKATOS, 2011; SILVA; PASQUALLI, 2020).

Para embasar teoricamente este estudo, foi realizada uma busca sistemática e ordenada de materiais digitais, incluindo livros especializados, documentos eletrônicos, artigos científicos e outras fontes relacionadas aos temas envolvidos (PEREIRA *et al.*, 2018).

Foram utilizados autores que discutem diversos temas relacionados ao da pesquisa em questão como Araújo e Silva (2021) que descrevem as estratégias de produção sustentável de cana-de-açúcar em uma revisão de literatura aprofundada sobre o tema, Correia *et al.* (2017) que destacam em seu artigo a toxicidade e genotoxicidade da vinhaça de cana-de-açúcar em peixes em bioensaios laboratoriais, Duarte e Malheiros (2015) que discorrem sobre a sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados, Fernandes e Silva (2022) que enumeram os impactos ambientais do cultivo de cana-de-açúcar: Uma revisão de literatura, Fontanetti e Bueno (2017) que falam sobre a cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica, Gomes (2019) que discorre sobre os impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais, entre outras fontes de dados.

A pesquisa foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os temas relacionados à sustentabilidade e impactos na produção de cana-de-açúcar. Na segunda etapa, foram analisados os resultados da revisão bibliográfica e foram apresentadas as principais estratégias de produção sustentável. As informações fornecidas se concentraram na revisão da literatura, explorando os impactos ambientais do cultivo de cana-de-açúcar e as estratégias propostas na academia para promover uma produção mais sustentável.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Impactos ambientais do cultivo de cana-de-açúcar**

O cultivo de cana-de-açúcar é uma atividade importante para a economia brasileira, sendo a principal matéria-prima para a produção de etanol e bioeletricidade no país. No entanto, o cultivo de cana-de-açúcar também tem um impacto significativo no meio ambiente, incluindo a emissão de gases de efeito estufa, poluição do ar e da água, e perda de biodiversidade.

O cultivo de cana-de-açúcar é uma atividade que emite grandes quantidades de gases de efeito estufa, como o metano e o dióxido de carbono. Esses gases contribuem para o aquecimento global.

De acordo com um estudo de Araújo e Silva (2021), o cultivo de cana-de-açúcar no Brasil é responsável por cerca de 2,5% das emissões de gases de efeito estufa do país. Isso

ocorre principalmente devido à queima da palha da cana-de-açúcar, que é uma prática comum no Brasil.

A queima da palha da cana-de-açúcar é uma prática que libera grandes quantidades de dióxido de carbono e metano na atmosfera. O dióxido de carbono é um gás que contribui para o efeito estufa, enquanto o metano é um gás que é 25 vezes mais potente que o dióxido de carbono como um gás de efeito estufa.

A queima da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol é uma fonte importante de poluição do ar. Essa poluição pode causar problemas respiratórios e outros danos à saúde humana.

De acordo com um estudo da ANVISA (2023), a queima da cana-de-açúcar pode liberar substâncias tóxicas no ar, como monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio e ozônio. Essas substâncias podem causar problemas respiratórios, como asma, bronquite e pneumonia.

Além da queima da palha da cana-de-açúcar, o uso de agrotóxicos e fertilizantes no cultivo de cana-de-açúcar também pode contribuir para a poluição do ar. Os agrotóxicos podem ser liberados na atmosfera durante a aplicação, enquanto os fertilizantes podem ser carregados pelo vento para áreas distantes.

O uso de agrotóxicos e fertilizantes no cultivo de cana-de-açúcar pode contaminar as águas superficiais e subterrâneas. Essa contaminação pode prejudicar a qualidade da água para consumo humano e animal.

De acordo com um estudo do IBAMA (2022), o uso de agrotóxicos no cultivo de cana-de-açúcar é responsável por cerca de 15% da contaminação das águas superficiais e subterrâneas no Brasil.

Os agrotóxicos podem ser lavados para fora do solo por chuvas e chegar aos rios, córregos e lençóis freáticos. Os fertilizantes também podem ser lavados para fora do solo e contaminar as águas superficiais e subterrâneas.

O cultivo de cana-de-açúcar pode levar à perda de biodiversidade, pois substitui a vegetação nativa por monoculturas. Isso pode afetar a fauna e a flora locais. De acordo com um estudo do Ministério do Meio Ambiente (2022), o cultivo de cana-de-açúcar é responsável por cerca de 3% da perda de biodiversidade no Brasil.

A monocultura de cana-de-açúcar pode reduzir o habitat de animais e plantas nativos. Além disso, o uso de agrotóxicos e fertilizantes pode prejudicar a saúde de animais e plantas.

Estudos como o de Lima *et al.* (2011) destacam que o cultivo extensivo de cana-de-açúcar pode levar à erosão do solo, especialmente em regiões onde são utilizadas práticas como a queima prévia da plantação. Isso pode resultar na perda de nutrientes do solo e na manipulação de áreas extensas.

A alteração da paisagem é uma preocupação levantada por Gomes (2019), dizendo que a expansão do cultivo de cana-de-açúcar pode levar à conversão de ecossistemas naturais, como matas e cerrados, em áreas agrícolas, resultando na perda de biodiversidade e habitat natural de espécie.

O uso intensivo de recursos hídricos no cultivo de cana-de-açúcar é uma preocupação apontada por diversos autores. Ribeiro *et al.* (2018) ressaltam que a supervisão em larga escala pode resultar na redução da disponibilidade de água para outros usos e afetando a qualidade e quantidade de água em determinadas regiões.

Além disso, a poluição da água proveniente de fontes do cultivo de cana-de-açúcar também é uma questão crítica. Correia *et al.* (2017) descobriram em seus estudos a toxicidade da vinhaça de cana-de-açúcar em bioensaios com peixes, trazendo efeitos potenciais adversos sobre os ecossistemas aquáticos.

O impacto das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do cultivo de cana-de-açúcar e da produção de etanol é planejado por Pacca e Moreira (2009). Eles analisaram o orçamento histórico de carbono do programa brasileiro de etanol e destacaram que, embora o etanol de cana-de-açúcar seja uma alternativa mais limpa em comparação aos combustíveis fósseis, a produção ainda está associada a emissões de GEE, principalmente devido ao desmatamento e à mudança do uso do solo.

Em resumo, a literatura científica destaca diversos impactos ambientais resultantes do cultivo de cana-de-açúcar. Estes impactos se estendem desde a erosão do solo e alterações na paisagem até o uso excessivo de recursos hídricos, a poluição da água e emissões de gases de efeito estufa. É essencial considerar estratégias de manejo sustentável e mitigação desses impactos para promover uma produção mais responsável e menos prejudicial ao meio ambiente.

Dessa forma o cultivo de cana-de-açúcar é uma atividade que tem um impacto significativo no meio ambiente. É importante adotar práticas sustentáveis de produção de cana-de-açúcar para reduzir esses impactos.

## **Estratégias de produção sustentável e a redução de impactos ambientais**

Como um dos principais produtos agrícolas no Brasil, a cana-de-açúcar desempenha um papel fundamental na economia do país. No entanto, a sua produção tem sido associada a vários impactos ambientais. Diante desse cenário, as estratégias para tornar a produção de cana-de-açúcar mais sustentável se tornaram uma prioridade nos setores agrícolas e ambientais. Por outro lado, ao examinar a produção de cana-de-açúcar, é imperativo considerar estratégias que possam mitigar os impactos ambientais associados a essa atividade. A literatura atual oferece insights importantes sobre como tornar a produção de cana-de-açúcar mais sustentável, considerando seus impactos ambientais.

A diversificação agroecológica é uma estratégia crucial para promover a sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar. Integrar sistemas agroflorestais, conforme observado por Gomes (2019) e Lima *et al.* (2011), apresenta vantagens, pois reduz a pressão sobre o solo, melhora sua fertilidade, reduz a erosão e promove a conservação da biodiversidade.

Guimarães, Turetta e Coutinho (2010) propuseram métodos de avaliação da sustentabilidade do cultivo de cana-de-açúcar, destacando a importância de critérios específicos para avaliar a expansão do cultivo, a qualidade do solo, uso de água e práticas de manejo. Meyer e Priess (2014) desenvolvem com uma análise de esquemas de certificação relacionados à bioenergia, enfatizando a importância de indicadores de qualidade para avaliar impactos ambientais locais e regionais.

Estudos como o de Jesus *et al.* (2019) apresentam o "Sistema de Apoio à Decisão SustenAgro", um instrumento para avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção de cana-de-açúcar. Este sistema oferece uma abordagem sistêmica que considera aspectos sociais, ambientais e econômicos, auxiliando na gestão sustentável da produção.

Cristóbal *et al.* (2016) destacam a importância da inovação tecnológica na busca por cadeias de valor mais sustentáveis na bioeconomia. Estas inovações visam mitigar os impactos ambientais da produção de cana-de-açúcar e fornecer alternativas mais limpas e eficientes. Duarte e Malheiros (2015) ressaltam a necessidade de políticas públicas para o setor sucroenergético, defendendo abordagens externas para a sustentabilidade. Estas políticas devem englobar regulamentações, incentivos e diretrizes que promovam práticas ambientalmente responsáveis.

A busca pela eficiência energética e o uso de energias renováveis são estratégias promissoras para a produção sustentável de cana-de-açúcar. Investir em tecnologias que reduzam a pegada de carbono da produção, conforme apontado por Pacca e Moreira (2009), é fundamental para minimizar os impactos ambientais.

A redução do uso de agrotóxicos, conforme planejado por Pinheiro e Freitas (2010), é crucial para a sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar. Estratégias de manejo integradas de regras, aliadas a práticas agroecológicas, visam diminuir a dependência de substâncias químicas nocivas ao meio ambiente.

A reciclagem de resíduos da produção de cana-de-açúcar é uma estratégia promissora. A abordagem da economia circular, conforme abordada por Edwards (2013), busca reduzir o desperdício e reaproveitar subprodutos, transformando-os em recursos úteis.

A conservação de recursos naturais e da biodiversidade é fundamental para a sustentabilidade. Estratégias como a identificação de áreas de importância ecológica, propostas por Ribeiro *et al.* (2018), visando a preservação de ecossistemas e espécies.

O desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a colheita e processamento da cana-de-açúcar é essencial. Investir em métodos menos impactantes ao meio ambiente, conforme apontado por Rodrigues Filho e Juliani (2013), reduzirá a pressão sobre os recursos naturais.

A educação e o envolvimento da comunidade local são estratégias importantes para a produção sustentável. Promover a conscientização e o engajamento dos produtores e da comunidade, conforme apresentado por Kline *et al.* (2017), incentiva práticas mais responsáveis.

A integração de práticas de agricultura orgânica é uma estratégia crescente na produção de cana-de-açúcar. Estudos como os de Machado *et al.* (2014) apontam que tais métodos são menos impactantes e mais desenvolvidos à saúde do solo e à biodiversidade.

A gestão sustentável da água é vital para a produção de cana-de-açúcar. Estratégias como a reutilização de água e práticas de eficiência eficiente, discutidas por Novacana (2021), ajudam a conservar os recursos hídricos.

O desenvolvimento de sistemas agroecológicos mais resilientes é fundamental. Estudos como o de Fontanetti e Bueno (2017) exploram a importância de práticas que promovam a resiliência diante das mudanças climáticas e outros desafios.

Estratégias para promover a justiça social e o desenvolvimento sustentável são cruciais na produção de cana-de-açúcar. Iniciativas que garantem condições de trabalho justas e equitativas, conforme discutidas por Liboni e Cezarino (2012), são essenciais.

A adoção de práticas de agricultura regenerativa é uma estratégia emergente. Tais práticas visam regenerar e fortalecer os recursos naturais ao longo do tempo, apontadas por Ribeiro *et al.* (2018).

A formação de parcerias e colaborações entre diferentes setores é essencial. A cooperação entre governos, setor privado e organizações não governamentais, conforme proposto por Duarte e Malheiros (2015), pode propor a adoção de práticas sustentáveis.

O monitoramento constante dos impactos é uma estratégia vital. Avaliar regularmente os impactos e ajustar as práticas, conforme recomendado por Edwards (2013), é fundamental para aprimorar a produção sustentável.

Considerando essas estratégias, é possível avançar na produção de cana-de-açúcar de maneira mais sustentável, equilibrando considerações ambientais, sociais e econômicas. A diversificação agroecológica, ferramentas de avaliação, inovação tecnológica e políticas públicas desempenham um papel crucial na promoção de uma produção mais responsável e sustentável.

A produção sustentável de cana-de-açúcar depende da aplicação eficaz dessas estratégias. O engajamento contínuo, a pesquisa, a inovação e a implementação de práticas mais responsáveis e menos impactantes são fundamentais para atingir um equilíbrio entre a produção e a preservação ambiental.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando as estratégias discutidas e provas ao longo deste estudo em relação à sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar, é evidente que a implementação de práticas ambientais responsáveis e socialmente equitativas é crucial para mitigar os impactos adversos dessa indústria. A revisão da literatura revelou um amplo conjunto de estratégias, desde a diversificação agroecológica até a inovação tecnológica, enfatizando a necessidade de abordagens integradas e holísticas para promover a sustentabilidade nesse setor. Ao adotar uma abordagem multifacetada, é possível alcançar um equilíbrio entre a produção agrícola e a conservação ambiental.

A diversificação agroecológica surge como uma das estratégias mais promissoras, considerando sua capacidade de reduzir a pressão sobre o solo e promover a biodiversidade, enquanto a inovação tecnológica oferece soluções para mitigar os impactos ambientais, reduzidos a pegada de carbono e a dependência de agrotóxicos. A implementação de políticas públicas é crucial para garantir a adoção dessas práticas generalizadas, proporcionando regulamentações e incentivos que fomentem a produção responsável de cana-de-açúcar.

Além disso, o papel da educação e do engajamento da comunidade é significativo, já que a conscientização e o envolvimento dos produtores e das populações locais são essenciais para promover práticas mais sustentáveis. Isso não apenas beneficiará o meio ambiente, mas também contribuirá para uma melhor qualidade de vida para as comunidades envolvidas na produção de cana-de-açúcar. A conservação dos recursos hídricos, a gestão sustentável da água e a utilização eficiente de recursos são estratégias complementares que garantem a sustentabilidade a longo prazo.

Ademais, a integração de práticas de agricultura regenerativa, juntamente com estratégias para promover a justiça social e o desenvolvimento sustentável, desempenha um papel essencial. A criação de parcerias entre diferentes setores e a formação de alianças colaborativas são cruciais para promover a adoção de práticas sustentáveis e promover o monitoramento contínuo dos impactos ambientais.

É fundamental considerar que a produção de cana-de-açúcar pode ser transformada em um modelo exemplar de sustentabilidade, a partir de que as estratégias discutidas sejam inovadoras de maneira eficaz. O compromisso e a colaboração entre todos os atores envolvidos, desde produtores e governos até a sociedade civil, são necessários para garantir o sucesso dessas estratégias e a evolução contínua para uma produção mais sustentável.

A literatura revisada destaca a importância de uma abordagem integrada e adaptativa, considerando as especificidades regionais e a constante evolução das práticas sustentáveis. A implementação dessas estratégias não apenas diminuirá os impactos adversos ao cultivo de cana-de-açúcar, mas também contribuirá para a construção de um setor mais responsável e sustentável, aplicando de modelo para outras indústrias agrícolas em todo o mundo.

No entanto, é crucial que essas estratégias sejam constantemente revistas, melhoradas e adaptadas à medida que novas tecnologias, descobertas e desafios surjam.



A pesquisa contínua e o aprimoramento dessas práticas são essenciais para garantir que a produção de cana-de-açúcar seja realmente sustentável, abordando não apenas os aspectos ambientais, mas também os aspectos sociais e econômicos.

A coleta de informações e revisão detalhada da literatura científica permitiu abordar e apresentar, de maneira satisfatória, os problemas de produção de cana-de-açúcar e as soluções possíveis. As estratégias propostas oferecem diretrizes claras para a promoção de práticas mais responsáveis, tornando a produção de cana-de-açúcar mais sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente.

Portanto, é imperativo que a sustentabilidade na produção de cana-de-açúcar seja encarada como um processo contínuo de aprendizado e adaptação. A colaboração, a educação, a inovação e a conscientização são as chaves para garantir que a produção de cana-de-açúcar seja ecologicamente correta, socialmente justa e economicamente viável. Ao final, o objetivo é alcançar um equilíbrio no qual a produção de cana-de-açúcar não atende apenas às necessidades do presente, mas também garantir um futuro sustentável para as gerações vindouras.

## REFERÊNCIAS

- ABIEC. **Anuário Brasileiro da Cana-de-Açúcar**. São Paulo, SP: ABIEC, 2022.
- ANEEL. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022**. Brasília, DF: ANEEL, 2022.
- ANVISA. **Avaliação da qualidade do ar em áreas de cultivo de cana-de-açúcar**. Brasília, DF: ANVISA, 2023.
- ARAÚJO, J. M.; SILVA, A. C. Estratégias de produção sustentável de cana-de-açúcar: Uma revisão de literatura. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 42, n. 1, p. 1-12, 2021.
- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.
- CORREIA, J. E.; MARCATO, A. C. C.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; SOTO, M. A.; FONTANETTI, C. S. Toxicidade e genotoxicidade da vinhaça de cana-de-açúcar em peixes em bioensaios laboratoriais. In: **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal 6, p. 251-264, 2017.

CRISTÓBAL, J., et al., 2016. Environmental sustainability assessment of bioeconomy value chains. **Biomass Bioenergy**. v. 89, jun., p.159–171, 2016.

DUARTE, C. G.; MALHEIROS, T. F. Sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 122-138, 2015.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Editora Gustavo Gili, 2013.

FERNANDES, J. A.; SILVA, A. C. Impactos ambientais do cultivo de cana-de-açúcar: Uma revisão de literatura. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 2, p. 1-12, 2022.

FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. (Org). **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal 6, 2017.

GOMES, C. S. Impactos da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. **Caderno do Leste**. Belo Horizonte, v. 19, n.19, p. 63-78, 2019.

GUIMARÃES, L. T.; TURETTA, A. P. D; COUTINHO, H. L. C. Uma proposta para avaliar a sustentabilidade da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Estado do Mato Grosso do Sul. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 313-327, 2010.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal 2022**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2022.

JESUS, K.R.E.; TORQUATO, S.A.; MACHADO, P.G.; ZORZO, C.R.B; CARDOSO, B.O.; LEAL, M.R.L.V.; PICOLI, M.C.A.; RAMOS, R.C.; DALMAGO, G.A.; CAPITANI, D. H. D.; DUFT, D. G.; SUÁREZ, J.F.G.; PIEROZZI Jr. I.; TREVELIN, L.C.; MOREIRA, D.A. Sustainability assessment of sugarcane production systems: SustenAgro Decision Support System. **Environmental Development**, v. 32, p. 1-16, 2019.

KLINE, K.L.; MSANGI, S.; DALE, V.H.; WOODS, J.; SOUZA, G.M.; OSSEWEIJER, P.; CLANCY, J.S.; HILBERT, J.A.; JOHNSON, F.X.; MCDONNELL, P.C.; MUGERA, H.K. Reconciling food security and bioenergy: priorities for action. **GCB Bioenergy**. v. 9, n. 3, p. 557–576, 2017.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O. Impactos sociais e ambientais da indústria da cana-de-açúcar. **Future Studies Research Journal**. v. 4, n. 1, p. 201-230, 2012.

LIMA, S.S; LEITE, L.F.C.; OLIVEIRA, F.C; COSTA, D.B. Atributos químicos e estoques de carbono e nitrogênio em argissolo vermelho-amarelo sob sistemas agroflorestais e agricultura de corte e queima no norte do Piauí. **Revista Árvore**. v.35, n.1, p.51-60, 2011.

MACHADO, P. G.; DUFT, D. G.; PICOLI, M. C. A; WALTER, A. Diagnóstico da expansão da cana-de-açúcar. **Sustentabilidade em Debate**, v. 5, n. 1, p. 13-28, 2014.

MEYER, M. A.; PRIESS, J.A. Indicators of bioenergy-related certification schemes – an analysis of the quality and comprehensiveness for assessing local/regional environmental impacts. **Biomass Bioenergy**. v. 65, jun., p. 151–169, 2014.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia científica**. (6a ed.), Atlas,2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Estudo de inventário de emissões de gases de efeito estufa do setor agrícola do Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2022.

NOVACANA. **Aspectos do plantio da cana de açúcar**. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/aspectos-plantio-cana-de-acucar>. Acesso em: 08 mar 2021.

PACCA S.; MOREIRA, J. R. Historical carbon budget of the brazilian ethanol program. **Energy Policy**, v. 37, n.11, p. 4863-4873, 2009.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia australis**, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. (2a ed.), Feevale, 2013.

RIBEIRO, A. R. B.; SILVA, F. F.; MEIRELES, Y. S.; MELO, F. L.; RODRIGUES, R. P. Gestão da sustentabilidade no cultivo da cana-de-açúcar: um estudo de caso no Nordeste do Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n.3, p. 843-861, 2018.

RODRIGUES FILHO, S.; JULIANI, A. J. Sustentabilidade da produção de etanol de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 78, p. 195-212, 2013.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, A. P.; OLIVEIRA, G. A. Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar: Estratégias para a agricultura responsável e a redução de impactos ambientais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, n. 1, p. 1-10, 2023.

SILVA, V. G. DA; PASQUALLI, R. A atualidade da pedagogia socialista soviética: um ensaio teórico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 2020. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/4388>

## Capítulo 3

### **EFEITO DA FERTILIZAÇÃO COM BIOESTIMULANTES, ENXOFRE E ZINCO NO RENDIMENTO DO MILHO NO ESTADO DO PIAUÍ, BRASIL**

Antônio Veimar da Silva<sup>1</sup>, Carla Michelle da Silva<sup>2</sup>, Antônio Marcos Azevedo Batista<sup>3</sup>,  
Lucilo José Morais de Almeida<sup>1</sup>, Wellington Matheus de Paula Maia<sup>2</sup>, Sidney Saymon  
Cândido Barreto<sup>1</sup>, Dhery Vital Teixeira<sup>4</sup>, Tiago Augusto Drews<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia-PB, e-mail: [veimar74185@gmail.com](mailto:veimar74185@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa-MG

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PA

<sup>4</sup>Orbis Educação, Manhuaçu – MG.

<sup>5</sup>Universidade Federal do Piauí – UFPB, Bom Jesus – PI.

#### **INTRODUÇÃO**

O milho é um cereal cultivado e amplamente utilizado no mundo inteiro, sendo um alimento importante para o consumo humano e animal. No Brasil, é uma cultura de grande importância socioeconômica, sendo o segundo grão mais exportado (SILVA; SILVA, 2017).

O milho é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, sendo o segundo grão mais exportado (SOUZA *et al.*, 2018). Os maiores produtores de milho do mundo são os Estados Unidos, a China e o Brasil, com um potencial de produção de aproximadamente 563 milhões de toneladas/ano (PRESTES *et al.*, 2019). No Brasil, o Paraná e o Mato Grosso são os principais produtores, com 14,69% e 32,11% da produção nacional, respectivamente (CONAB, 2019; EMBRAPA, 2016).

No estado da Paraíba, o milho é amplamente cultivado por pequenos produtores, onde os rendimentos são muito baixos devido à pouca ou nenhuma tecnologia empregada, além dos fatores que afetam o desenvolvimento desta cultura, que depende das condições da região, como precipitação, temperatura e evapotranspiração, que podem afetar significativamente as atividades fisiológicas da cultura (FRANCISCO *et al.*, 2017).

A área cultivada de milho no estado da Paraíba é de 109 mil hectares, com uma produção estimada de 56 mil toneladas. Isso representa uma pequena produção no cenário de grãos do Brasil (CONAB, 2019).

O uso de bioestimulantes é uma nova tecnologia que pode ser utilizada para melhorar a produtividade de diferentes culturas (CUNHA *et al.*, 2016). Os bioestimulantes atuam na planta, alterando sua morfologia e crescimento, o que pode resultar em uma formação e colheita mais uniforme das sementes (JESUS RODRIGUES *et al.*, 2020).

O enxofre é um nutriente essencial para o crescimento do milho. Ele atua no metabolismo da planta, sendo componente de aminoácidos, proteínas, moléculas do cloroplasto e outras funções metabólicas (MENDES *et al.*, 2014).

O zinco é um micronutriente essencial para o crescimento do milho. Ele é um dos micronutrientes com as maiores respostas de produtividade de grãos no milho. Se o zinco não estiver em concentrações ótimas no solo, a cultura pode ter seu crescimento e produtividade prejudicados (LUO *et al.*, 2010).

As taxas de extração de nutrientes pelas plantas podem variar dependendo da cultivar utilizada, do ambiente e do manejo da fertilização. No entanto, as quantidades exportadas por tonelada de grãos são moderadamente semelhantes em várias condições (RESENDE *et al.*, 2018).

Assim, o uso de bioestimulantes e micronutrientes é uma ferramenta agronômica promissora para aumentar a produtividade do milho. Este estudo avaliou o crescimento e a produtividade do milho sob a aplicação de bioestimulante, enxofre e zinco em um Gleissolo Háplico em uma microrregião climática do semiárido do estado do Piauí, Brasil.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no município de Picos, em área experimental do Centro de Ciências Ambiental (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). O solo da área experimental é classificado como Gleissolo Háplico, com textura arenosa na camada de 0-20 cm, com 810 kg ha<sup>-1</sup> de areia, 98 kg ha<sup>-1</sup> de silte e 82 kg ha<sup>-1</sup> de argila. As propriedades químicas do solo foram analisadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do CCA da UFPI e estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Propriedades químicas do solo, na camada de 0 a 20 cm da área experimental

Chemical properties									
pH	P	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC
H <sub>2</sub> O(1:2,5)	-----mg/dm <sup>3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					
6.2	75.35	2.89	67.03	0.04	0.00	2.00	1.32	3.53	5.71
M.O.	Zn	Fe	Mn	Cu	B				
--g/kg--	-----mg/dm <sup>3</sup> -----								
4.36	0.93	3.42	3.25	0.04	0.50				

P, K, Na: Mehlich 1 Extractor

SB: Sum of exchangeable bases

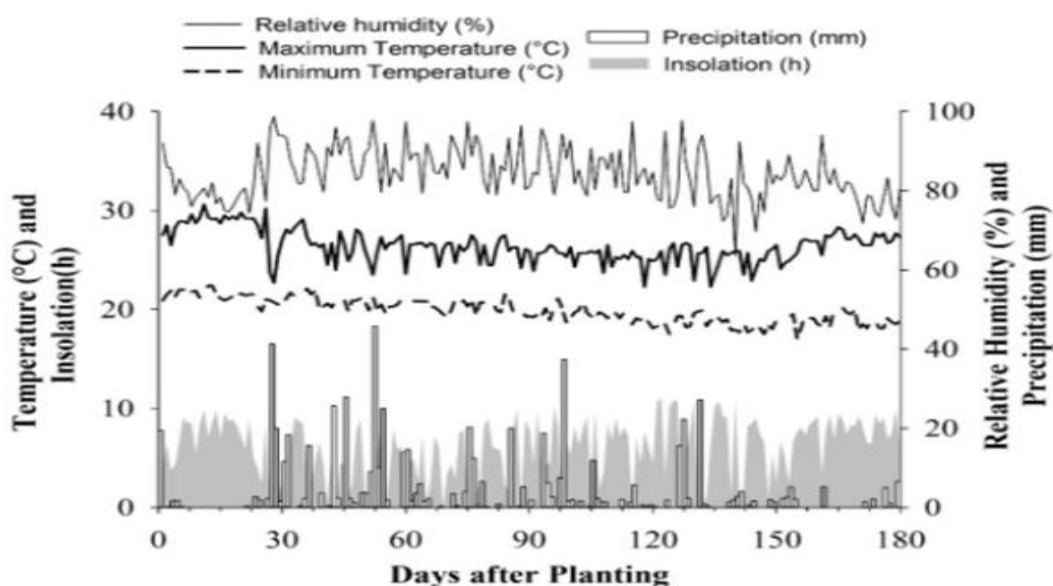
H + Al: Calcium Acetate Extractor 0,5 M, pH 7,0

CTC: Cation Exchange capacity

Al, Ca, Mg: KCl 1 M Extractor

M.O.: Organic Matter - Walkley-Black

O clima da região é classificado como subtipo climático As', o que corresponde ao clima tropical subúmido (quente úmido, com chuvas de outono-inverno) (KOTTEK *et al.*, 2006). As variações de precipitação, temperatura máxima e mínima, insolação e umidade relativa do ar são mostradas na Figura 1.


**Figura 1.** Precipitação, temperatura máxima e mínima, insolação e umidade relativa do ar no município de Areia, PB durante o período experimental com milho em condições de campo (INMET, 2020).

Foi utilizado um delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x2 com 8 tratamentos e quatro repetições (Tabela 2). O primeiro fator correspondeu ao bioestimulante (Presença e ausência); o segundo ao enxofre (Presença e ausência); e este último ao zinco (Presença e ausência).

**Tabela 2.** Composição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamentos	Bioestimulante	Enxofre	Zinco
T1	1500 mL / 100 kg		
T2			400 g
T3		20 kg	
T4		20 kg	400 g
T5	1500 mL / 100 kg		400 g
T6	1500 mL / 100 kg	20 kg	
T7	1500 mL / 100 kg	20 kg	400 g
T8			

**Fonte:** Dados da pesquisa (2020)

As parcelas foram compostas por 4 linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,50 m (10 m<sup>2</sup> por parcela). As 2 linhas centrais foram utilizadas para as avaliações, as três primeiras plantas nas bordas da parcela não foram consideradas nas avaliações (área útil total de 6 m<sup>2</sup>).

A semeadura foi realizada manualmente, utilizando-se o espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,33 m entre covas, e foram semeadas duas sementes a 3 a 4 cm de profundidade (3 sementes por metro linear). Vinte dias após a semeadura, foi realizado o desbaste, deixando-se uma planta por cova (população de 60.600 plantas por hectare).

Foi utilizado o híbrido de milho DKB 310-PRO2 (Dekalb), uma cultivar transgênica (híbrido simples) com 870 graus/dia e recomendação de plantio de 60 a 65 plantas por metro quadrado, resistente a pragas Bt e glifosato, grãos semi-dentados, boa resistência ao acamamento, inserção média da espiga de 1,25 m e altura de planta de 2,20 m.

A adubação basal de potássio foi realizada (aproximadamente 10 cm de profundidade), juntamente com 30% do nitrogênio. O restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura aos 30 e 45 dias após a semeadura, sem incorporação.

A uréia foi aplicada e ajustada nas parcelas que receberam nitrato de zinco na dose de 371 kg ha<sup>-1</sup>; cloreto de potássio na dose de 192 kg ha<sup>-1</sup>; e a fonte de fósforo foi o resíduo presente na área de acordo com a análise do solo. A adubação foliar foi realizada nas doses de 2 L ha<sup>-1</sup> de nitrato de zinco (400 g ha<sup>-1</sup> de Zn) e 25 kg ha<sup>-1</sup> de fungicida com 80% de S em sua composição (não registrado para a cultura) no estágio V5.

O bioestimulante contém kinetina - 0,09 g/L, ácido giberélico GA3 - 0,05 g/L e ácido 4-indol-3-butírico - 0,05 g/L, e foi aplicado via sementes na dose de 1500 mL para 100 kg de sementes.

As medições foram realizadas aos 50 dias após a semeadura (DAS) para monitorar o crescimento das plantas nas seguintes variáveis:

Altura da planta (PH) - medida com o auxílio de uma fita métrica de 5 metros, medida do solo até a extremidade superior da planta;

Diâmetro do caule (DC) - medido com o auxílio de um paquímetro digital de 150 mm temperado em aço inoxidável, medido no segundo internódio;

Número de folhas (NL) - feito manualmente na área útil da parcela em 5 plantas e calculado a média aritmética entre elas;

Área foliar (AF) - Medida nas folhas do terço médio da altura da planta de forma não destrutiva utilizando a fórmula  $CF \times LF \times \text{fator}$  (0,7458), onde CF é o comprimento da folha e LF é a largura da folha;

Área da folha bandeira (AFB) - Feita de forma semelhante à Área Foliar utilizando a mesma fórmula e medindo o comprimento da folha bandeira (LFB) e a largura da folha bandeira (LFB) aos 106 dias após a semeadura.

A colheita ocorreu aos 134 dias após a semeadura, e as espigas das plantas marcadas aos 30 DAP foram colhidas manualmente. As avaliações de comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e produtividade de grãos (PROD) ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) foram calculadas.

As espigas foram colhidas dentro da área útil da parcela e deixadas para secar sob luz solar direta por 72 horas, após este período foi obtido o peso das espigas individuais. O comprimento da espiga foi medido com uma régua e a largura da espiga com um paquímetro. O número de linhas e o número de grãos por espiga foram obtidos através de contagem manual. O rendimento foi feito com base no peso de grãos por espiga e multiplicado por 60.000 espigas.

As amostras de folhas foram secas em estufa e moídas em moinho Wiley. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados para a determinação dos teores de macro e micronutrientes.

A análise de variância foi realizada pelo teste F para as variáveis de crescimento, produção e análise foliar, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 0,05. Foi utilizado o software estatístico R 4.02 (R Core Team, 2022).



**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não foram observadas diferenças significativas na análise de variância na interação tripla (Bioestimulante x Zinco x Enxofre) a 5% de probabilidade para Altura da Planta (AP), Diâmetro do Caule (DC), Área Foliar (AF), Área da Folha Bandeira (AFB), Altura da Espiga (AE), Número de Folhas (NF), Comprimento da Espiga (CE), Diâmetro da Espiga (DE), Número de Grãos por Linha (NGL) e Produtividade (PROD), exceto para Número de Linhas por Espiga (NLE) (Tabela 3). Além disso, não foram observadas diferenças significativas para a interação dupla (Zinco e Enxofre) em todas as variáveis, exceto para o Número de Grãos por Linha (NGL).

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância da altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), área da folha bandeira (AFB), altura da espiga (AE), número de folhas (NF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF) e produtividade (PROD) sob as doses (presença e ausência) de bioestimulante (Bio), zinco (Zn) e enxofre (S):

FV	GL	Quadrado médio					
		AP	DC	AF	AFB	AE	NF
Bloco	3	78,20 <sup>NS</sup>	0,0317 <sup>NS</sup>	16971,6 <sup>NS</sup>	290,8 <sup>NS</sup>	73,00 <sup>NS</sup>	0,19125 <sup>NS</sup>
Bioestimulante (Bio)	1	24,40 <sup>NS</sup>	0,0210 <sup>NS</sup>	3818,0 <sup>NS</sup>	11,3 <sup>NS</sup>	77,50 <sup>NS</sup>	0,10125 <sup>NS</sup>
Zinco (Z)	1	11,59 <sup>NS</sup>	0,1128 <sup>NS</sup>	4230,7 <sup>NS</sup>	334,6 <sup>NS</sup>	172,05*	0,03125 <sup>NS</sup>
Enxofre (E)	1	519,87*	0,0300 <sup>NS</sup>	2809,7 <sup>NS</sup>	5639,0**	778,15**	1,71125**
Bio x Z	1	143,74 <sup>NS</sup>	0,0120 <sup>NS</sup>	10025,5 <sup>NS</sup>	848,1 <sup>NS</sup>	3,78 <sup>NS</sup>	0,28125 <sup>NS</sup>
Bio x E	1	61,99 <sup>NS</sup>	0,0006 <sup>NS</sup>	1240,7 <sup>NS</sup>	388,9 <sup>NS</sup>	45,60 <sup>NS</sup>	0,15125 <sup>NS</sup>
Z x E	1	178,89 <sup>NS</sup>	0,0105 <sup>NS</sup>	942,7 <sup>NS</sup>	205,8 <sup>NS</sup>	11,28 <sup>NS</sup>	0,55125 <sup>NS</sup>
Bio x Zn x E	1	234,69 <sup>NS</sup>	0,0325 <sup>NS</sup>	4219,9 <sup>NS</sup>	22,5 <sup>NS</sup>	37,41 <sup>NS</sup>	0,15125 <sup>NS</sup>
Resíduo	21	91,67	0,0334	3662,5	327,2	35,83	0,20649
CV %		12,74	8,4	20,9	13	9,2	4,8

FV	GL	Quadrado médio				
		CE	DE	NFE	NGF	PROD
Bloco	3	3,127 <sup>NS</sup>	0,13508 <sup>NS</sup>	3,5760 <sup>NS</sup>	10,302 <sup>NS</sup>	2291390 <sup>NS</sup>
Bioestimulante (Bio)	1	7,078 <sup>NS</sup>	0,64695**	11,2812**	24,500 <sup>NS</sup>	4533913 <sup>NS</sup>
Zinco (Z)	1	1,182 <sup>NS</sup>	0,01320 <sup>NS</sup>	1,1250 <sup>NS</sup>	2,000 <sup>NS</sup>	825383 <sup>NS</sup>
Enxofre (E)	1	76,416**	0,39383*	0,0000 <sup>NS</sup>	288,000**	17079072*

Bio x Z	1	0,272 <sup>NS</sup>	0,00195 <sup>NS</sup>	0,5000 <sup>NS</sup>	2,531 <sup>NS</sup>	187494 <sup>NS</sup>
Bio x E	1	5,080 <sup>NS</sup>	0,13133 <sup>NS</sup>	1,1250 <sup>NS</sup>	16,531 <sup>NS</sup>	567985 <sup>NS</sup>
Z x E	1	2,284 <sup>NS</sup>	0,05695 <sup>NS</sup>	0,2813 <sup>NS</sup>	42,781*	3458825 <sup>NS</sup>
Bio x Zn x E	1	0,463 <sup>NS</sup>	0,00195 <sup>NS</sup>	7,0313*	32,000 <sup>NS</sup>	43824 <sup>NS</sup>
Resíduo	21	2,319	0,06032	1,0283	9,510	2275845
CV %		9,5	4,4	5,8	9,5	18,5

\*\*Significativo a 1% de probabilidade; \*significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey e <sup>NS</sup> não significativo pelo Teste F de Snedecor.

Para a interação fatorial dupla (Bioestimulante x Zinco e Bioestimulante x Enxofre), não foi observado efeito significativo para as variáveis estudadas. Para o fator bioestimulante isolado, foi observada diferença significativa apenas para as variáveis Diâmetro da Espiga e Número de Linhas por Espiga. Para o Zinco, foi observado efeito significativo apenas para Altura da Espiga. Para o Enxofre, foi observado efeito significativo para a Área da Folha Bandeira, Altura da Espiga, Número de Folhas, Comprimento da Espiga e Número de Grãos por Linha a 1% de probabilidade. Também foram observados efeitos significativos na Altura da Planta, Diâmetro da Espiga e Produtividade a 5% de probabilidade.

Para a interação tripla (Bioestimulante x Enxofre x Zinco) (Tabela 4), Zn dentro de E e Bio, foi observada diferença significativa apenas para 20 Kg de Enxofre + 1500 mL de bioestimulante na dose de 0g de zinco. Portanto, quando se aplica zinco, sob essas condições, pode-se inferir que ele causou uma redução no número de linhas por espiga. Isso provavelmente se deve ao fato de que o bioestimulante utilizado no experimento contém ácido indol butírico (auxina) 0,005%, cinetina (citocinina) 0,009% e ácido giberélico (giberelina) 0,005%. O equilíbrio hormonal adequado de auxina e citocinina é muito importante para o melhor desenvolvimento das plantas (TAIZ *et al.*, 2017), no entanto, quando o Zn foi aplicado, pode ter ocorrido um desequilíbrio hormonal, afetando a síntese do triptofano, um aminoácido precursor da biosíntese deste hormônio. A imobilização de Zn também pode ter ocorrido devido a esse desequilíbrio, uma vez que a citocinina é responsável pela mobilização, uma função bem conhecida desse hormônio (TAIZ *et al.*, 2017). Resultados semelhantes foram encontrados por Lima *et al.* (2015), onde observaram aumento do comprimento da espiga com o uso do bioestimulante, mas não do número de linhas por espiga.

**Tabela 4.** Número de linhas por espiga na interação tripla Bio x E x Zn

		Bio (mL)	Zn (g)	
			0	400
E (Kg)	0	0	13.9 a A $\alpha^*$	13.0 a B $\alpha$
	0	1500	14.8 a A $\beta$	15.2 a A $\alpha$
	20	0	13.5 a A $\beta$	14.1 a A $\alpha$
	20	1500	15.5 a A $\alpha$	13.8 b A $\alpha$

\* Médias seguidas pela mesma letra não são estatisticamente diferentes, as minúsculas entre as colunas comparam Zn dentro de E e Bio; maiúsculas entre as linhas comparam E dentro de Bio e Zn; e letras gregas, entre as colunas, comparam Bio dentro de Zn e E.

Além disso, pode-se observar que para a interação Enxofre dentro de Bio e Zn, todos os tratamentos tiveram valores superiores aos observados nos tratamentos sob a dose de 0 kg de E e 0 mL de bioestimulante para a dose de 400 g de Zn. Isso pode ter ocorrido devido à interação entre esses nutrientes e o bioestimulante. Assim, esses resultados podem ser explicados com base na influência desses nutrientes na planta, essenciais para o seu desenvolvimento, como alternativa para apoiar a cultura na superação de estresses abióticos, atuando como um amplificador hormonal e nutricional (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Para Bioestimulante dentro da interação zinco e enxofre, pode-se observar que quando a dose de 400 (g) de zinco foi aplicada, observou-se efeito significativo, com valores superiores aos observados para 0 Kg de Enxofre + 1500 mL de Bioestimulante, com aumento de 2,7% e aumento de 4,4% com 20 Kg de Enxofre + 0 mL de Bioestimulante. Este efeito provavelmente ocorreu porque os dois nutrientes utilizados são muito importantes para a cultura do milho. O zinco em concentrações ótimas pode melhorar o funcionamento do metabolismo da planta, promover o crescimento da planta e ainda inibir o aumento das espécies reativas de oxigênio (LUO *et al.*, 2010), enquanto o uso de enxofre é importante para aumentar o teor de metionina nas proteínas dos cereais, interagir com nitrogênio, fósforo e magnésio, um importante ativador enzimático. Esta última interação é um ponto chave para o processo de fotossíntese, respiração, síntese de compostos orgânicos, absorção iônica e trabalho mecânico, como expansão radicular (MARSCHNER, 2012).

Para a variável número de grãos por linha, não foi observado efeito significativo para as doses de zinco. No entanto, foi observada diferença significativa quando foram aplicados 20 kg de enxofre (Tabela 5). Isso mostra a importância do enxofre como

macronutriente essencial para esta cultura, que colabora ativamente para a composição proteica e outros constituintes essenciais para o desenvolvimento da planta (FIORINI *et al.*, 2017). Por outro lado, o número de grãos por linha está intimamente ligado ao rendimento de grãos, neste sentido, Fiorini *et al.* (2016), ao estudarem a aplicação de diferentes fontes de enxofre, observaram que elas afetaram as características agrônômicas da cultura do milho de forma semelhante, independentemente do fornecimento de micronutrientes e, quando comparado ao controle (sem aplicação de S), observou-se um aumento significativo de rendimento.

**Tabela 5.** Interação entre doses de zinco e Enxofre na cultura do milho.

Produtos	Doses	Médias	
		Enxofre (E)	
		0 kg	20 kg
Zinco (Zn)	0 g	22.3 a B*	30.6 a A
	400 g	24.1 a B	27.8 a A

\* Médias seguidas de mesma letra minúscula entre linhas para Zn e maiúscula entre colunas para E, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Para o Bioestimulante foi observado efeito significativo no diâmetro da espiga (DE) e no número de fileiras por espiga (NRE) com aumento de 6,5% e 8,8% na dose de 1500 mL, respectivamente, quando comparada à dose de 0 mL (Tabela 6). Esse aumento pode ter ocorrido porque os constituintes desse bioestimulante possuem concentrações de auxina, citocinina e giberelina, esses hormônios atuam nos processos fisiológicos e morfológicos, conhecidos por melhorar o desenvolvimento da planta (MARTINS *et al.*, 2016). Resultados semelhantes foram encontrados por Dourado Neto *et al.* (2014), nos quais verificaram que o uso do biorregulador Bioestimulante proporcionou resultados satisfatórios quando comparado ao controle na cultura do milho.

**Tabela 6.** Altura da planta (AP), área foliar bandeira (AFB), altura da espiga (AE), número de folhas (NF), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por linha (NGL) e Produtividade (PROD) para os fatores isolados Bioestimulante, Zinco e Enxofre

Produtos	Dose	Médias								
		AP (cm)	AFB (cm <sup>2</sup> )	AE (cm)	NF (unid)	CE (cm)	DE (cm)	NFE (u)	NGL (u)	PROD Kg ha <sup>-1</sup>
Bio (mL)	0	76.0 a	112 a	54.5	7.67 a	12.5	4.42 b	13.6 b	25.3	6247 a
	1500	74.3 a	113 a	a	7.79 a	a	4.71 a	14.8 a	a	7000 a
				51.4		13.4			27.1	
Zn (g)	0	75.8 a	116 a	50.6 b	7.70 a	13.1	4.55 a	14.4 a	26.5	6784 a
	400	74.6 a	109 a	a	7.76 a	a	4.59 a	14.0 a	a	6463 a
				55.3 a		12.8			26.0	
E (Kg)	0	71.1 b	99,5 b	48.0 b	7.50 b	11.4 b	4.46 b	14.2 a	23.2	5893 b
	20	79.2 a	126 a	a	7.96 a	a	4.68 a	14.2 a	b	7354 a
				57.9		14.5			29.2	

\* Medias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Para o fator zinco, foram observados efeitos significativos apenas para a altura da espiga (EH), na dose de 400 g, com aumento de 9,2% quando comparado à dose de 0 g de Zn. Isso ocorreu devido ao alongamento dos entrenós e ao aumento suficiente de auxina (fitohormônio) (TAIZ *et al.*, 2017). No cultivo do milho, o Zinco é necessário para a biossíntese do triptofano, que é um dos precursores da auxina natural, o ácido indol-3-acético (AIA) (PEIXOTO, 2020). Assim, a aplicação de zinco na planta melhora o crescimento vegetal, pois está ligado a funções metabólicas que desencadeiam diversas alterações na síntese de carboidratos, proteínas e auxinas, influenciando assim na altura da espiga (OHSE *et al.*, 2012).

Para o fator enxofre foram observados efeitos significativos para quase todas as variáveis, exceto para o número de fileiras por espiga (NRE), com incrementos de 11,39% para altura de planta, 26,63% para área foliar bandeira, 20,62% para altura de espiga, 6,13% para o número de folhas por planta, 27,2% para o comprimento da espiga, 4,9% para o diâmetro da espiga, 25,56% para o número de grãos por fileira e 24,79% para o

rendimento de grãos. Estes incrementos demonstram que este macronutriente é de significativa importância para as plantas de milho. É um nutriente encontrado na composição de aminoácidos (cistina, cisteína e metionina) (TAIZ *et al.*, 2017), sendo também componente de diversas coenzimas essenciais ao metabolismo das plantas (FIORINI *et al.*, 2016).

Para um bom desenvolvimento das plantas de milho são necessárias quantidades específicas de cada macro e micronutriente para o seu estabelecimento. Com a cultura bem nutrida, a planta apresenta maior resistência a patógenos. Por outro lado, a adubação adequada com macro e micronutrientes permite maior absorção de nutrientes, melhorando o aspecto nutricional, com maior tamanho, melhores estruturas reprodutivas. Portanto, estudos sobre as exigências de cada nutriente para cada cultura específica são muito importantes (SCHONINGER *et al.*, 2015).

A Análise de Variância não mostrou diferenças significativas para a interação fatorial tripla (Bio x Z x E), nem para o fatorial duplo Z x E e Bio x Z (Tabela 7). Entretanto, houve efeito significativo para o duplo fatorial Bio x E, nas variáveis Enxofre (E) e Cobre (Cu) a 5% de probabilidade. Além disso, houve efeito significativo para o fator separado Enxofre (E) a 5%, na variável Nitrogênio (N) a 1% para as variáveis Potássio (K) e Magnésio (Mg). Para o fator separado Zinco (Z), houve efeito significativo apenas para a variável Z.

**Tabela 7.** Resumo da análise de variância para as variáveis Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Enxofre (E), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Boro (B), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobre (Cu) e Manganês (Mn), sob as doses (presença e ausência) de Bioestimulante (Bio), zinco (Zn) e enxofre (E).

FV	GL	Quadrado médio				
		N	P	K	E	Ca
Bloco	3	16.42	31.11	10.38	6.16	6.30
Bioestimulante(Bio)	1	72.33	86.92	0.68	0.77	3.84
Zn (Z)	1	15.92	19.16	4.03	0.20	0.34
Enxofre (E)	1	184.49*	56.92	35.87**	2.67	1.14
Bio x Z	1	6.27	30.30	9.61	1.70	0.02
Bio x E	1	55.57	21.88	14.44	6.61*	2.26
Z x E	1	0.00	94.39	0.90	1.66	3.56
Bio x Zn x E	1	9.78	60.33	13.89	2.66	2.24

Erro	21	34.66	54.56	4.30	1.42	4.85	
CV (%)		24.56	12.75	9.55	26.72	18.20	
FV	GL	Quadrado médio					
		Mg	B	Fe	Zn	Cu	Mn
Bloco	3	0.25	371.31	339131.46	173.76	3.24	303.66
Bioestimulante (Bio)	1	0.37	9.19	4243.28	34.01	2.15	0.00
Zn (Z)	1	0.02	4.52	82047.94	4874.05**	4.66	71.97
Enxofre (E)	1	14.43**	8.29	83942.41	444.09	3.02	0.05
Bio x Z	1	1.67	97.33	379536.10	242.93	2.20	176.39
Bio x E	1	0.43	77.53	2529.56	145.39	10.20*	19.33
Z x E	1	0.17	3.32	92534.94	7.61	2.71	53.74
Bio x Zn x E	1	0.06	0.02	160692.06	221.50	1.51	233.33
Erro	21	0.82	37.28	133929.48	342.01	2.37	109.65
CV (%)		14.99	32.92	21.53	30.83	24.86	30.99

\*\* Significativo a 1% de probabilidade; \* significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> não significativo pelo F de Snedecor.

O desdobramento das médias foi realizado quando foi observado efeito significativo, para observar o comportamento de absorção de nutrientes pelas plantas e sua interação com os produtos aplicados durante o experimento.

Conforme observado na Tabela 8, não foi observado efeito significativo para E na aplicação do bioestimulante em qualquer dose do Enxofre (E). Porém, foi observado efeito significativo para o Cu, quando foram aplicados 1.500 mL do bioestimulante, com aumento de 31,36% quando comparado à dose de 0 mL.

**Tabela 8.** Média de Enxofre (S) e Cobre (Cu) para a dupla interação Bioestimulante (Bio) x Enxofre (E).

Produtos		Enxofre (E)			
		0 kg	20 kg	0 kg	20 kg
		S		Cu	
Bioestimulantes	0 mL	2.56 aA*	2.23 aA	6.19 aA	5.68 bA
	1500 mL	1.96 aB	3.45 aA	5.58 aB	7.33 aA

\* Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O efeito não significativo para E pode ter ocorrido devido a diversos fatores como fertilidade do solo, genótipo não responsivo ao uso de bioestimulante ou mesmo dose baixa. Martins *et al.* (2016) também não observaram diferenças estatísticas no teor de nutrientes foliares em plantas de milho quando aplicados bioestimulantes e fertilizantes líquidos, os autores relacionaram isso às condições adequadas do solo e aos nutrientes já disponíveis no início do ano de cultivo. Outro fator que deve ser considerado para não haver diferença significativa entre as doses do bioestimulante, é o equilíbrio nutricional da semente utilizada para plantio, pois alguns elementos podem estar presentes em pequenas quantidades (BONTEMPO *et al.*, 2016).

As concentrações testadas dos bioestimulantes provavelmente não foram suficientes para causar diferença estatística para a variável citada. Também foi observado efeito significativo para o Enxofre (E) apenas para a dose de 1500 mL de bioestimulante, tanto para E quanto para Cu, com aumento de 76,02 e 31,36%, respectivamente. Esse incremento pode ser explicado pela adição do bioestimulante nas sementes, uma vez que atuam de forma semelhante aos grupos de hormônios vegetais conhecidos. Este produto pode ter favorecido o potencial genético das plantas devido a alterações em seus processos vitais e estruturais, gerando equilíbrio hormonal e estimulando o desenvolvimento do sistema radicular (SILVA *et al.*, 2008). Além disso, com melhor absorção de Cu, que possui funções importantes no metabolismo primário (fotossíntese e respiração), bem como em rotas metabólicas relacionadas à resistência a patógenos (GUO *et al.*, 2010) melhorando assim o desempenho das plantas.

Conforme observado na Tabela 9, foi observado efeito significativo apenas para o fator isolado Zinco (Z), quando foi aplicada a dose de 400 g foi observado um aumento de 74,90% quando comparado à dose de 0 g. Isso já era esperado, pois já estava presente no solo uma quantidade de 0,93 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1), quando aplicada a dose de 400g possibilitou maior absorção desse micronutriente.



**Tabela 9.** Nitrogênio (N), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Zinco (Zn) para o fator isolado Zinco (Zn) e Enxofre (E).

Produtos	Doses	N	K	Mg	Zn
		g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>
Zinco (Zn)	0 g	23.27 a*	21.37 a	6.04 a	32.95 b
	400 g	24.68 a	22.08 a	6.00 a	57.63 a
Enxofre (E)	0 kg	21.57 b	20.66 b	6.69 a	49.01 a
	20 kg	26.37 a	22.78 a	5.35 b	41.56 a

\* Médias seguidas pela mesma letra minúscula entre linhas não variadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o fator isolado Enxofre (E), foi observado um aumento de N e K de 22,25 e 10,26%, respectivamente, quando comparado à aplicação e ausência do mesmo, mostrando que quando foram aplicados 20 Kg de Enxofre (E), foi obtido um aumento de outros nutrientes. Isso pode ter ocorrido porque o enxofre é um macronutriente essencial e constituinte comum das proteínas e de outros compostos celulares que atuam no desenvolvimento vegetativo e na frutificação do milho, como a síntese de aminoácidos, responsáveis por 90% do S nas plantas. (FIORINI *et al.*, 2016). Ainda participa da fixação biológica de nitrogênio através da ativação da nitrogenase (HUNGRIA *et al.*, 2015), o que justifica o aumento do acúmulo de N nas folhas, conforme observado no presente estudo.

Também pode estar ligada à alta diversidade de compostos secundários que contêm N e K na estrutura do enxofre, com importante papel na defesa contra pragas e doenças (STIPP; CASARIN, 2010).

Para o Mg foi observado efeito contrário, quando foi aplicado Enxofre (E) observou-se uma diminuição de 20%. Isso pode ser explicado devido à liberação irregular desse nutriente, o que influencia na competição na absorção entre os demais elementos, onde um nutriente pode bloquear a absorção de outro, levando à deficiência do nutriente na planta, além de um acúmulo do nutriente no solo, conforme relatado por Fangueiro *et al.* (2015).

## CONCLUSÃO

A aplicação de enxofre isoladamente ou em combinação com o bioestimulante proporcionou aumento na absorção de nutrientes pela folha, como cobre e enxofre conforme observado no fatorial duplo Bio x Enxofre e N, e K para o fator separado enxofre.

Devido à adubação sulfurosa, que ocasionou aumento na absorção foliar, principalmente de N, foi observado aumento significativo em todas as variáveis, inclusive na produtividade de grãos.

## REFERENCIAS

BONTEMPO, A. F.; ALVES, F. M.; CARNEIRO, G. D. O. P.; MACHADO, L. G.; SILVA, L. O. D.; AQUINO, L. A. Influência de Bioestimulantes e Nutrientes na Emergência e no Crescimento Inicial de Feijão, Soja e Milho. **RBMS**, v. 15, n. 1, p. 86-93, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p86-93>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira. Grãos. Safra 2018/19**. Monitoramento agrícola. Brasília, v. 6, n. 4, p. 75-80.

CUNHA, R. C.; OLIVEIRA, F. D. A.; LIMA SOUZA, M. W.; MEDEIROS, J. F.; LIMA, L. A.; OLIVEIRA, M. K. T. Ação de bioestimulante no desenvolvimento inicial do milho doce submetido ao estresse salino. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 191-191, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p191-204>

DOURADO NETO, D.; DARIO, G. J. A.; BARBIERI, A. P. P.; MARTIN, T. M. Ação de bioestimulante no desempenho agrônômico de milho e feijão. **Biosci. J.**, v. 30, n. 3, p. 371-379, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias, **Exportação agropecuária**, 2016.

FANGUEIRO, D.; SURGY, S.; FRAGA, I.; VASCONCELOS, E. **Acid Treatment of animal slurries: potential and limitations, em: IFS: 775**. United Kingdom, p. 24, 2015.

FIORINI IVA, PINHO, R. S. V.; PEREIRA, H. D.; PIRES, L. P. M.; FIORINI, EL RESENDE, F. V. A. Dry matter accumulation, chlorophyll and sulfur leaf in corn fertilized with different sulfur sources. **J. Bioen. Food Sci.**, v. 4, n. 1, p. 1-11, 2017. DOI 10.18067/jbfs.v4i1.114

- FIORINI, I. V. A.; VON PINHO, R. G.; PIRES, L. P. M.; SANTOS, Á. D. O.; FIORINI, F. V. A.; CANCELLIER, L. L.; RESENDE, E. L. Avaliação de fontes de enxofre e das formas de micronutrientes revestindo o NPK na cultura do milho. **Rev. Bras. Milho e Sorgo**, v. 15, n. 1, p. 20-29, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n1p20-29>
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D.; GUIMARÃES, C. L.; ARAUJO, S. R. D.; OLIVEIRA, F. P. 2017 Aptidão climática do milho (*Zea mays* L.) para o estado da Paraíba. **Rev. Geogr.**, Recife, v. 34, n. 1, p. 290-305, 2017.
- GUO, X. Y.; ZUO, Y. B.; WANG, B. R.; LI, J. M.; MA, Y. B. Toxicity and accumulation of copper and nickel in maize plants cropped on calcareous and acidic field soils. **Plant Soil**, v. 333, n. 1-2, p. 365-373, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0351-0>
- HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Alternative methods of soybean inoculation to overcome adverse conditions at sowing. **Afr. J. Agric. Res.**, v. 10, n. 23, p. 2329-2338, 2015. <https://doi.org/10.5897/AJAR2014.8687>.
- INMET. BDMEP- **Dados Históricos**. Instituto Nacional de Meteorologia, 2018.
- JESUS RODRIGUES, E. C.; LISBOA, L. A. M.; RECCO, C. R. S. B.; TAKAYUKI, F. N.; FERRAI, S. 2020 Aplicação de fitorreguladores em plantas de soja para obtenção de sementes. **Braz. J. Dev.**, v. 6, n. 6, p. 40296-40309, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n6-534
- KOTTEK, M.; GRIESER, J.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorol. Z.**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006. DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- LUO, Z. B.; HE, X. J.; CHEN, L.; TANG, L.; GAO, S.; CHEN, F. Effects of zinc on growth and antioxidant responses in *Jatropha curcas* seedlings. **Int. J. Agric. Biol.** 12:119-124, 2010.
- MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. Austrália: Elsevier. 2012, 651 p.
- MARTINS, D. C.; BORGES, I. D.; CRUZ, J. C.; MARTINS NETTO, D. A. Produtividade de Duas Cultivares de Milho Submetidas ao Tratamento de Sementes com Bioestimulantes Fertilizantes Líquidos e Azospirillum sp. **Rev. Bras. Milho e Sorgo**, v. 15, n. 2, p. 217-228, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n2p217-228>.
- MENDES, M. C.; WALTER, A. L. B.; JUNIOR, O. P.; RIZZADI, D. A.; SCHLOSSER, J.; SZEUCZUK, K. 2014 Dose de nitrogênio associado a enxofre elementar em cobertura na cultura do

milho em plantio direto. **Rev Bras. Milho e Sorgo**, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2014. DOI:10.18512/1980-6477/rbms.v13n1p96-106.

OHSE, S.; REZENDE, B. L. A.; LISIK, D.; OTTO, R. F. Germinação e vigor de sementes de melancia tratadas com zinco. **Rev. Bras. Sementes**, v. 34, n. 2, p. 288-292, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222012000200014>.

OLIVEIRA, F. D. A. D.; MEDEIROS, J. F. D.; CUNHA, R. C. D.; SOUZA, M. W. D. L.; LIMA, L. A. Uso de bioestimulante como agente amenizador do estresse salino na cultura do milho pipoca. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 47, n. 2, p. 307-315, 2016.

PEIXOTO, C. P. **Princípios de fisiologia vegetal: teoria e prática**. 1 a .ed. Rio de Janeiro: Pod. 2020, 256 p.

PRESTES, I. D.; ROCHA, L. O.; NUÑEZ, K. V.; SILVA, N. C. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Sci. Agropecu.**, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.13>.

R CORE TEAM. R Equipe principal de desenvolvimento. **R: Uma linguagem e ambiente para computação estatística**, 2020.

RESENDE, A. V.; BORGHI, E.; GONTIJO NETO, M. M.; ABREU, S.; SANTOS, F. C.; COELHO, A. Manejo de nutrientes no cultivo de milho segunda safra na região do cerrado. **Embrapa Milho e Sorgo**, v. 166, 2018.

SCHONINGER, E. L.; LANGE, A.; MENEGON, T. G.; CAIONE, G. Grain yield of bean as affected by phosphorus and nitrogen rates. **Agrarian**. V. 8:387-398, 2015.

SILVA, B. E. C.; SILVA, M. R. J. Viabilidade econômico-financeira da implantação da cultura do milho no município de Santa Teresa-ES. **Rev. Univap**, v. 23, n. 43, p. 17-25, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18066/revistaunivap.v23i43.1773>

SILVA, T. T. A.; VON PINHO, E. V. R.; CARDOSO, D. L.; FERREIRA, C. A.; ALVIM, P. O.; COSTA, A. A. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, 2008. DOI: 10.1590/S1413-70542008000300021.

SOUZA, A. E.; REIS, J. G. M.; RAYMUNDO, J. C.; PINTO, R. S. Estudo da produção do milho no Brasil. **SADSI**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i11p182-194>

STIPP, S. R.; CASARIN, V. A importância do enxofre na agricultura brasileira. **Informações agronômicas**, v. 129, n. 1, p. 14-20, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6 a ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 858p.

## Capítulo 4

### ECOFISIOLOGIA E PRODUTIVIDADE DE MILHO SOB FERTILIZANTE POTÁSSICO E RESPOSTA RESIDUAL EM FEIJÃO

Antônio Veimar da Silva<sup>1</sup>, Carla Michelle da Silva<sup>2</sup>, Arthur Henrique Peixe da Cunha Martins<sup>1</sup>, Wellington Matheus de Paula Maia<sup>2</sup>, Gustavo Costa Mates<sup>3</sup>, Tiago Augusto Drews<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Areia-PB, e-mail: [veimar74185@gmail.com](mailto:veimar74185@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV/Viçosa-MG.

<sup>3</sup>Orbis Educação, Manhauçú – MG.

<sup>4</sup>Universidade Federal do Piauí – UFPI, Bom Jesus – PI.

#### INTRODUÇÃO

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas e desempenha um papel fundamental no desenvolvimento das culturas. Sua eficácia reside na ativação de enzimas que participam dos processos fotossintéticos e adversos (TAIZ *et al.*, 2017). De acordo com Benites *et al.* (2010), os solos tropicais frequentemente apresentam baixos teores de K, tornando essencial o uso de fertilizantes potássicos para atender às demandas das culturas. A deficiência desse nutriente pode resultar na redução dos entrenós, na supressão do crescimento apical e no comprometimento do desenvolvimento das plantas, afetando diretamente a produtividade e resultando em frutos de menor porte (ERNANI *et al.*, 2007). Essa carência é resultado de práticas inconvenientes de manejo do solo, muitas vezes evidentes após vários anos de cultivo (CAVALLI; LANGE, 2018).

A carência ou a aplicação indireta de K no solo pode resultar em combustão de nutrientes, sendo que o excesso pode induzir a perdas por lixiviação, o que é observado mesmo em solos com moderada ou alta Capacidade de Troca Catiônica (CTC) (ERNANI *et al.*, 2007). A ciclagem do potássio no solo ocorre logo após a fase de declínio das plantas,

visto que o potássio se encontra majoritariamente na forma iônica (K<sup>+</sup>) (PAVINATO *et al.*, 2008).

O efeito residual do potássio é influenciado pela quantidade exportada pelas culturas, juntamente com o processo de lixiviação (PARENTE *et al.*, 2016). Conforme salientado por Ferreira e colaboradores (2011), a disponibilidade de nutrientes para as plantas está intimamente ligada à fertilidade do solo e à concentração dos resíduos. Em cultivos intensivos, a absorção de K pelas plantas permanece, em sua maior parte, retida nos tecidos vegetais, minimizando a lixiviação ou erosão. Portanto, fatores ambientais, tais como temperatura e umidade do ar, desempenham um papel direto na taxa de liberação de potássio no solo (PARENTE *et al.*, 2016).

Na cultura do milho, o potencial exerce influência principalmente sobre a massa e o número de grãos por espiga (COELHO *et al.*, 2007), sendo o segundo nutriente mais absorvido pela cultura, com aproximadamente 30% exportado pelos grãos. Em experimentos de campo com plantio direto, observou-se uma frequência menor de respostas do milho ao potássio em comparação aos estudos com adubação fosfatada e nitrogenada, devido aos baixos índices de produtividade selecionados (COELHO *et al.*, 2006). Estes estudos indicaram que a adubação potássica comprovada em incrementos de produtividade ao empregar doses de até 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em solos com baixos teores de potássio.

No cultivo do feijão, a absorção de abundância em condições adequadas propicia um maior desenvolvimento dos grãos durante a fase de maturação, além de fortalecer o vigor das sementes. No caso do feijão, o potássio é um nutriente extraído e exportado em quantidades consideráveis, sendo que, na maioria dos solos explorados comercialmente, são registrados níveis baixos deste nutriente (SOUSA *et al.*, 2013). Melo *et al.* (2005) destacam que, apesar do potencial não apresentar respostas significativas na maioria dos testes, doses entre 20 e 40 kg ha<sup>-1</sup> detectadas são responsáveis por elevadas concentrações de potássio em tecidos vegetais.

Diante do exposto, o presente estudo baseia-se na hipótese de que a utilização de doses crescentes de K no milho proporciona maior efeito residual na cultura do feijão. A partir disso, objetivou-se avaliar o efeito de doses de K no crescimento, nas trocas gasosas e na produtividade do milho e seu efeito residual na cultura do feijoeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em área experimental pertencente ao Departamento de Ciência do Solo e Ambiental, Universidade Federal do Piauí, localizada no município de Picos, estado do Piauí, Nordeste do Brasil (7°5'13"S e 41°28'12"W). A região possui baixas precipitações pluviométricas, sendo que na estação com precipitação é quente, abafada e de céu encoberto; a estação seca é escaldante, de ventos fortes e de céu parcialmente encoberto. O período chuvoso fica entre os meses de janeiro e abril (WEATHER SPARK, 2023), e ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 21 °C a 39 °C e raramente é inferior a 20 °C ou superior a 40 °C.

A pesquisa foi realizada de abril a junho (cultura do milho) e de setembro a novembro (cultura do feijão) de 2022.

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 2, totalizando 10 tratamentos, cinco doses de K (0 kg ha<sup>-1</sup>, 50 kg ha<sup>-1</sup>, 100 kg ha<sup>-1</sup>, 150 kg ha<sup>-1</sup> e 200 kg ha<sup>-1</sup>) e duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) em plantas de milho. O cloreto de K foi utilizado como fonte de K. Esses tratamentos foram semelhantes para o feijoeiro, nos quais foi avaliado o efeito residual da adubação potássica sob o crescimento em sucessão com a cultura do milho. Todas as avaliações foram realizadas em cinco plantas selecionadas aleatoriamente em cada parcela, nas três linhas centrais.

O milho utilizado foi o AG 1051 que possui as seguintes características: arquitetura foliar aberta, ciclo semiprecoce, grãos dentados amarelos, altura média da planta 2,20m, altura de inserção da espiga considerada altura 1,12m, podendo sua produção ser destinada à produção de grãos, silagem, milho verde. Para o Feijão foi utilizado o cultivo BRS, apresenta ciclo semiprecoce, alto potencial produtivo, tolerância ao acamamento e resistência à antracnose e murcha de fusarium. Inicialmente, o experimento recebeu adubação de 30 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N e P2O5 no plantio (na forma de uréia e superfosfato simples). Estes lotes apresentavam uma área de 4,5 m<sup>2</sup>.

A semeadura do milho foi realizada em linhas com 4 sulcos/parcela, com espaçamento entre linhas de 50 cm e 3 sementes por metro linear, obtendo-se uma população estimada de 60.000 plantas por hectare. A semeadura do feijão foi realizada 60 dias após a colheita do milho, com 30 sementes que foram plantadas em cada linha de 3



metros, espaçadas de 50 cm entre si, com população de aproximadamente 200.000 plantas por hectare.

As características químicas do solo coletadas antes do plantio do milho são apresentadas na Tabela 1. Para análise do solo, amostras individuais foram coletadas em cada parcela experimental e depois combinadas para formar uma análise composta. Ao final do experimento (após a colheita do feijão), foi realizada a análise de K em todas as parcelas experimentais, cujos valores médios são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo da área experimental antes do plantio do milho

	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	BS	CEC	O.M
pH em H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>3</sup>		cmolc dm <sup>3</sup>							g kg <sup>-1</sup>
5.4	26.43	43.67	0.23	2.21	0.05	0.85	0.23	1.42	3.63	22.45

BS: soma das bases; CTC: capacidade de troca catiônica; MO: matéria

**Tabela 2.** Análise química de K no solo da área experimental após o plantio do feijão

Tratamentos (kg ha <sup>-1</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )	Tratamentos (kg ha <sup>-1</sup> )	K (mg/dm <sup>3</sup> )
Sementes		Estádio V5	
0	42.35	0	25.41
50	30.77	50	22.86
100	28.01	100	24.72
150	38.15	150	27.46
200	32.30	200	30.03

As análises de crescimento, trocas gasosas e produtividade foram realizadas em plantas de milho. Para as plantas de feijão foram realizadas análises de crescimento.

Nas plantas de milho, a altura foi determinada através de uma escala métrica graduada em centímetros, que foi medida do colo até o ápice da última folha aberta; o diâmetro do caule, por meio de paquímetro, com medidas realizadas acima de 2 cm do solo; e o número de folhas, avaliando as folhas fotossinteticamente ativas. As avaliações foram feitas aos 60 e 90 dias após o plantio (DAP). Para o feijão foram avaliados a altura das plantas, diâmetro do caule, número de nós e número de folhas, realizados aos 20 e 40 dias após o plantio (DAP).

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em plantas de milho, nas quais foram avaliadas a taxa de fotossíntese (A) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), transpiração (E) ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática (g<sub>s</sub>) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), eficiência instantânea do uso da água (WUE - A/E), com a relação entre fotossíntese e taxa

de transpiração  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})]$ , eficiência intrínseca do uso da água (iWUE – A/gs), calculada pela razão entre a taxa fotossintética e a condutância estomática  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})]$  e a eficiência instantânea de carboxilação (ICE - A/Ci)  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$  a partir da relação entre a taxa fotossintética e a concentração interna de CO<sub>2</sub>. As leituras foram realizadas em folhas saudáveis e completamente expandidas, localizadas no terço médio das plantas. Foi utilizado um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha sob condições de luz natural máxima (IRGA) (modelo Li-6400XT, LI-COR). As avaliações foram realizadas no período entre 09h30 e 11h00, 75 dias após o plantio (DAP).

Para a avaliação dos componentes primários da produtividade foram utilizadas cinco espigas aleatórias de cada parcela: comprimento da espiga, diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos, número de grãos por linha, peso e teor de umidade dos grãos.

Para a análise estatística dos dados foi realizada a análise de variância, conforme delineamento adotado. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de regressão, com ajuste de curvas, de acordo com os parâmetros avaliados (SOARES *et al.*, 2016).

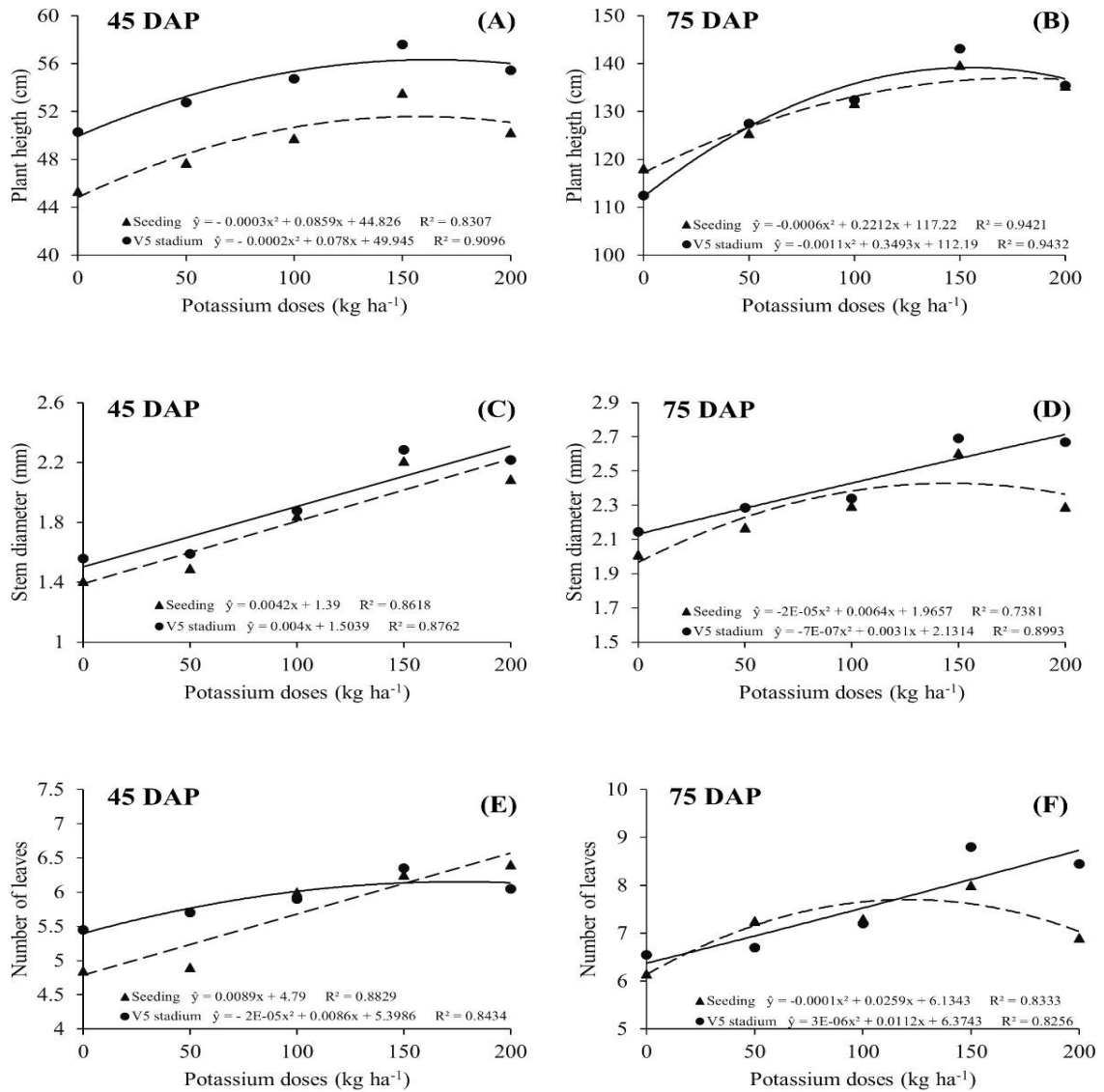
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação potássica influenciou o crescimento das plantas de milho durante os dois períodos de adubação (semeadura e estágio V5) aos 45 e 75 dias após o plantio (DAP).

Em relação à altura das plantas, houve diferenças significativas com efeito quadrático para as doses de K nas duas épocas de adubação (Figura 1-A e B). Os maiores valores foram registrados na dose 150 kg de K ha<sup>-1</sup>, com 57,6 cm aos 45 DAP e 143,1 cm aos 75 DAP. Nas duas épocas de avaliação a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> aplicada no estágio V5 proporcionou maiores valores para altura de plantas de milho, e os menores valores foram registrados para a testemunha (0 kg de K ha<sup>-1</sup>). Kalpana e Krishnarajan (2002) e Petter *et al.* (2016) observaram influência significativa das épocas de aplicação de K na altura das plantas de milho, corroborando com os resultados deste estudo. Porém, Rabêlo *et al.* (2013) não verificaram diferenças na altura das plantas submetidas às doses de potássio aplicadas nos diferentes períodos de adubação. Esses resultados distintos podem

ter ocorrido devido às diferentes condições edafoclimáticas encontradas em cada região estudada.

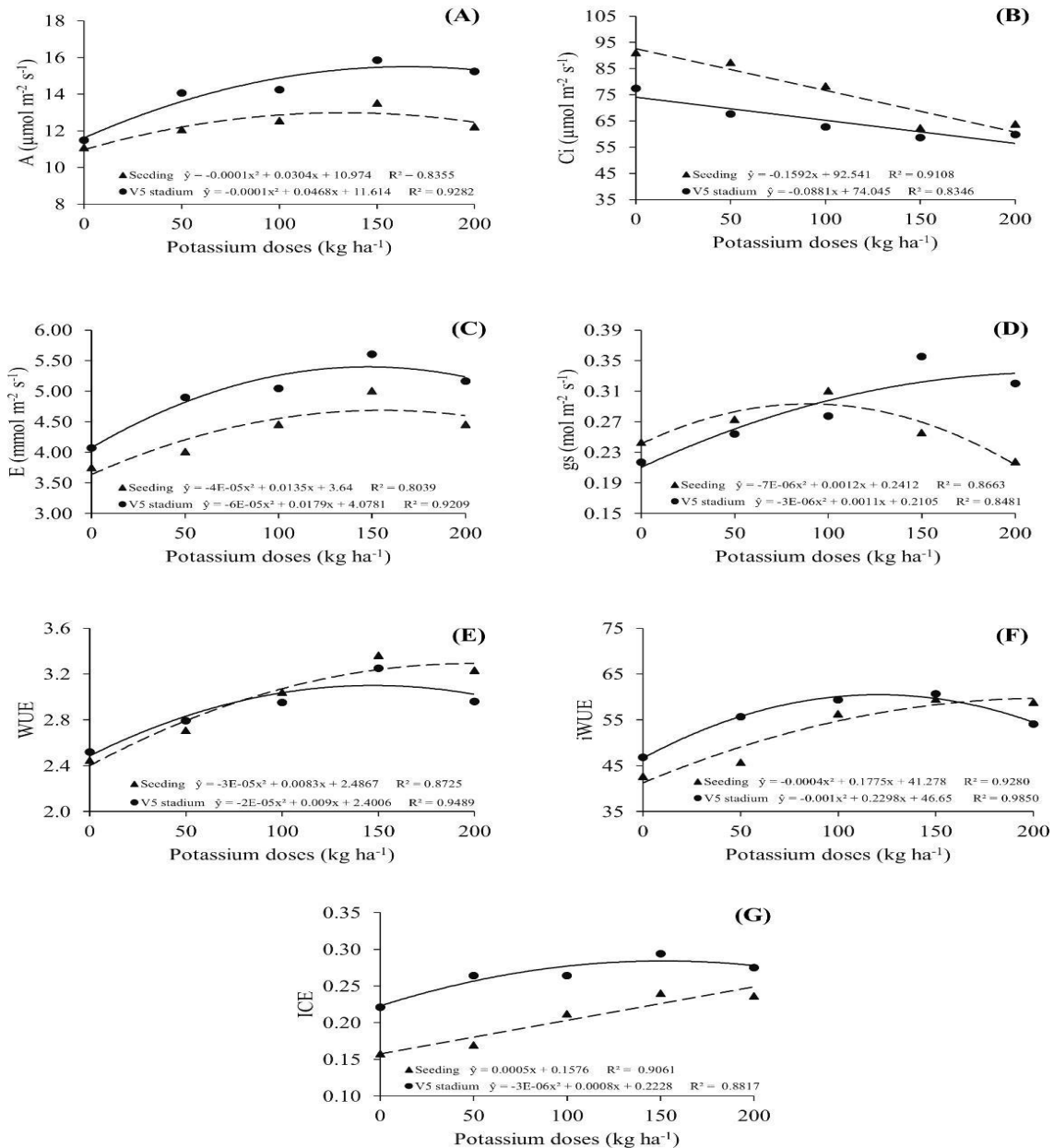
O diâmetro do caule das plantas de milho respondeu positivamente às doses de K, principalmente aos 75 DAP (Figura 1- C e D). A dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> no estágio V5 proporcionou os maiores valores médios nos dois períodos de avaliação, com 2,28 cm aos 45 DAP e 2,69 cm aos 75 DAP (Figura 1- C e D). A dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> influenciou positivamente no diâmetro do caule nas duas épocas de adubação, quando foi verificado que o uso de K no estágio V5 teve valores maiores, com aumento de 31,58 e 20,5% na testemunha (0 kg de K ha<sup>-1</sup>) aos 45 e 75 DAP, respectivamente (Figura 1- C e D) Andreotti *et al.* (2001) também observaram maior diâmetro do caule com o aumento das doses de K. Este aumento no diâmetro do caule tem fundamental importância para o desenvolvimento e fisiologia das plantas, pois o caule é uma estrutura determinada ao armazenamento de sólidos solúveis, que é utilizado principalmente na formação de grãos através das reservas, e não tem apenas a função de sustentar as folhas e inflorescências das plantas (CARMO *et al.*, 2012).



**Figura 1.** Altura das plantas (A e B), diâmetro do caule (C e D) e número de folhas (E e F) em plantas de milho submetidas a doses crescentes de K em duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) aos 45 e 75 DAP

O aumento das doses de K nas duas épocas de adubação proporcionou maior número de folhas fotossinteticamente ativas nas plantas de milho (Figura 1- E e F). Em comparação com a adubação na semeadura, no estágio V5 aos 45 e 75 DAP foram registrados os maiores valores médios, com 6,3 e 8,8 folhas plantas<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1- E e F). Aos 75 DAP houve maior alteração dos valores no estágio V5, variando de 6,5 folhas na testemunha (0 kg ha<sup>-1</sup>) a 8,8 folhas na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> (Figura 1- E e F). Para um maior número de folhas, a adubação potássica é de fundamental importância para o metabolismo das plantas, auxiliando nos aspectos fisiológicos do crescimento e divisão celular, aumentando a distância entre os nós e consequentemente o número de folhas (KERBAUY, 2012).

Os valores médios das respostas das trocas gasosas do milho em relação aos efeitos das doses de K nos resultados das trocas gasosas são mostrados na Figura 4. Pelos resultados da análise de variância, a adubação potássica nos dois períodos de aplicação afetou significativamente a taxa de fotossíntese, concentração interna de CO<sub>2</sub>, transpiração, condutância estomática, eficiência instantânea do uso da água, eficiência intrínseca do uso da água e eficiência instantânea da carboxilação (Figura 2).



**Figura 2.** Taxa fotossintética (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (B), transpiração (C), condutância estomática (D), eficiência instantânea no uso da água (E), eficiência intrínseca no uso da água (F) e eficiência instantânea de carboxilação (G) em plantas de milho submetidas a doses crescentes de K em duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5)

A taxa fotossintética (A) das plantas de milho em função das doses de K apresentou respostas quadráticas com aumento crescente nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5), em que os valores variaram de 11,09 a 13,51  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  na adubação na semeadura e de 11,48 a 15,85  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  na o estágio V5 (Figura 2-A). Os maiores valores foram registrados na dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  nas duas épocas de adubação, porém, a aplicação de K no estágio V5 da planta proporcionou valores maiores (Figura 2-A). O fator de maior valor de A foi registrado na dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  nas duas épocas de adubação, pode estar relacionado à quantidade ideal de K que as plantas de milho necessitam, e como a nutrição da planta influencia no processo fotossintético, tal dose promoveu os maiores valores para esta variável. Segundo Larcher (2006), altas taxas de fotossíntese podem ser registradas por meio da fertilização.

A concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) apresentou resposta linear decrescente ao efeito das doses de K nos dois períodos de fertilização (Figura 2-B). Os valores no momento da adubação na semeadura proporcionaram os maiores valores, variando de 62,38 a 91,15  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , sendo os maiores valores observados na testemunha (0 kg de K  $\text{ha}^{-1}$ ) (Figura 2-B). No momento da adubação no estágio V5, os valores médios variaram de 58,63 a 77,39  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ , sendo que a testemunha (0 kg de K  $\text{ha}^{-1}$ ) apresentou valores maiores (Figura 2-B). Este aumento de C<sub>i</sub> no controle indica que o CO<sub>2</sub> não está sendo utilizado na síntese de açúcares durante o processo fotossintético, por exemplo, uma menor taxa de fotossíntese, e que pode haver influência de um fator não estomático neste caso, levando a maior acúmulo de C<sub>i</sub> nas folhas (FREIRE *et al.*, 2014).

Os resultados para transpiração (E) seguiram a mesma tendência da taxa de fotossíntese, apresentando resposta quadrática ao efeito das doses de K nos dois períodos de fertilização (Figura 2-C). No momento da adubação na semeadura os valores variaram de 3,75 a 5,00  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , sendo as maiores médias registradas na dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  (Figura 2-C). Na adubação realizada no estágio V5 as plantas apresentaram valores superiores à época de semeadura, com valores variando de 4,07 a 5,60  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , onde a dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  foi mais eficaz (Figura 2-C). Esse aumento na taxa de transpiração na dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  na época da fertilização provoca aumento no fluxo de água no xilema e na concentração de citocinina nas raízes, sendo um fator importante para retardar a senescência foliar, corroborando com o presente estudo (SOARES *et al.*, 2013).

A condutância estomática (gs) apresentou resposta quadrática entre as doses nas duas épocas de adubação (Figura 2-D). Na adubação na semeadura, a dose de 100 kg de K ha<sup>-1</sup> apresentou os maiores valores, variando de 0,2178 a 0,3108 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Figura 2-D). No momento da adubação no estágio V5 as plantas apresentaram os maiores valores em que a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> proporcionou os melhores resultados, com taxas variando de 0,2170 a 0,3555 mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> (Figura 2-D). Essa resposta das plantas pode estar diretamente relacionada à menor abertura estomática nas menores doses de K, a fim de evitar danos no sistema hídrico pelo vegetal. O K está envolvido nos processos protoplasmáticos e na fotossíntese, influenciando diretamente na regulação da abertura estomática (SILVA *et al.*, 2013).

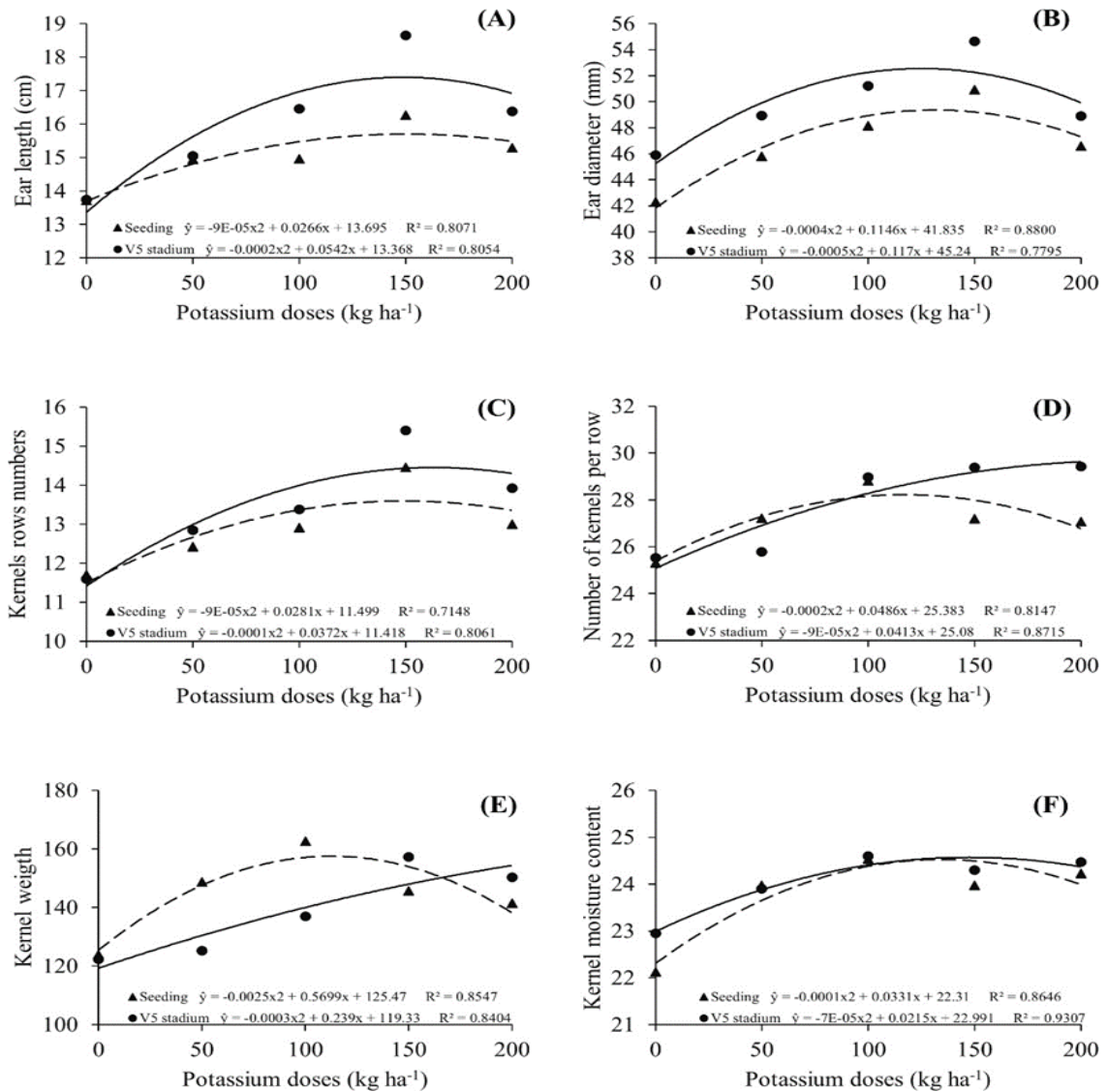
Os valores de eficiência instantânea do uso da água (EUA) apresentaram resposta quadrática ao efeito do aumento das doses de K nos dois períodos de fertilização (Figura 2-E). Comparando as épocas de adubação, os maiores valores foram registrados na adubação na semeadura na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup>, com variação de 2,44 e 3,36 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)] (Figura 2-E). Para a adubação V5, a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> também proporcionou os maiores valores, variando de 2,59 a 3,25 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)] (Figura 2-E). O aumento obtido pelos Estados Unidos na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> na adubação na semeadura e no estágio V5 das plantas pode estar relacionado às demais variáveis de trocas gasosas, nas quais a dose proporcionou os maiores valores. Tal parâmetro é calculado pela razão entre as taxas de fotossíntese e transpiração (A/E), onde os valores medidos envolvem a quantidade de carbono ganha pela planta por unidade de água perdida (JAIMEZ *et al.*, 2005).

Para a eficiência intrínseca do uso da água (iWUE), houve efeito quadrático do aumento das doses de K nas épocas de fertilização (Figura 2-F). No momento da adubação na semeadura os valores variaram de 42,67 a 59,56 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)], sendo a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> registrando o maior taxa (Figura 2-F). No momento da adubação no estágio V5 das plantas, os valores foram superiores à adubação na semeadura, variando de 46,81 a 60,71 [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)], em que a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> proporcionou os melhores resultados. Esses valores mais elevados que foram elaborados pelos Estados Unidos, na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> nas duas épocas de adubação, torna-se um indicativo de que com o aumento da fotossíntese líquida a condutância estomática também aumentou, porém, a redução do gs foi maior que a redução de A, apoiando a ocorrência de limitação estomática (BERTOLLI *et al.*, 2015).

A eficiência instantânea de carboxilação (ICE) apresentou diferenças nas diferentes doses crescentes de K, com efeito linear no momento da adubação na semeadura e efeito quadrático na adubação no estágio V5 (Figura 2-G). Os maiores valores foram registrados quando foram aplicadas doses de K no estágio V5, com valores variando de 0,2211 a 0,2939  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$ , onde a dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  apresentou os maiores valores encontrados (Figura 2-G). No momento da semeadura os valores variaram de 0,1578 a 0,2400  $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) / (\mu\text{mol mol}^{-1})]$ , em que a dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  apresentou taxa maior que as demais. (Figura 2-G). Os maiores valores de ICE registrados na dose de 150 kg de K  $\text{ha}^{-1}$  são reflexo da alta taxa de fotossíntese em relação à diminuição da concentração interna de  $\text{CO}_2$  nas plantas, pois desta forma se o  $\text{C}_i$  diminuir poderá haver um aumento no consumo de  $\text{CO}_2$  no cloroplasto devido à maior atividade fotossintética, e assim a relação  $A/\text{C}_i$  apresenta valores elevados, como foi observado no presente estudo.

Os valores médios dos índices de produtividade das plantas de milho em função das doses crescentes de K nas duas épocas de aplicação são apresentados na Figura 3. De acordo com a análise de variância, as doses de K nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) afetou significativamente o comprimento, o diâmetro da espiga, o número de fileiras de grãos, o número de grãos por fileira, o peso dos grãos e o teor de umidade do grão (Figura 3). Petter *et al.* (2016) em seu estudo encontraram resultados semelhantes, em que as doses de K influenciaram todas as variáveis de produtividade, exceto o comprimento das espigas.





**Figura 3.** Comprimento da espiga (A), diâmetro da espiga (B), número de fileiras de grãos (C), número de grãos por fileira (D), peso da amêndoa (E) e teor de umidade da amêndoa (%) (F) no milho plantas submetidas a doses crescentes de K em duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5)

Os valores do comprimento da espiga apresentaram efeito quadrático em relação às doses de K nas diferentes épocas de aplicação (semeadura e estágio V5) (Figura 3-A). A adubação no estágio V5 apresentou os maiores valores, variando de 13,74 a 18,65 cm, na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> (Figura 3-A). Na semeadura os valores variaram de 13,71 a 16,25 cm, sendo o maior valor registrado na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> (Figura 3-A). Para o diâmetro da espiga, houve resposta quadrática em relação às doses crescentes de K nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) (Figura 3-B). Na semeadura os valores variaram de 42,30 a 50,93 mm, em que a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> foi mais eficaz que as

demais. No estágio V5, os maiores valores foram registrados nas plantas de milho, na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup>, com variação de 45,91 a 54,64 mm (Figura 3-B).

Em seu estudo, Cavallet *et al.* (2000) registraram valores médios para o comprimento da orelha entre 13,6 e 14,4 cm, apresentando valores semelhantes aos do presente estudo. Mas para Lopes *et al.* (2007), o comprimento da espiga não é essencial para a produção quando a área apresenta pequeno número de espigas.

O número de fileiras de grãos em função das diferentes doses de K apresentou resposta quadrática nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) (Figura 3-C). Os maiores valores foram registrados com a adubação no estágio V5, na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup>, com variação de 11,59 a 15,40 linhas de grãos (Figura 3-C). Na adubação na semeadura os valores variaram de 11,70 a 14,45 linhas de grãos, onde a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> foi maior (Figura 3-C). O número de grãos por linha apresentou respostas quadráticas em função das diferentes doses de K nas duas épocas de aplicação (semeadura e estágio V5) (Figura 3-D). A adubação de semeadura apresentou valores variando de 25,31 a 28,81 grãos por linha, sendo que a dose de 100 kg de K ha<sup>-1</sup> registrou o maior valor (Figura 3-D). Por outro lado, a adubação no estágio V5 apresentou maiores valores variando de 25,52 a 29,41 grãos por linha, onde a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> proporcionou maior produtividade de grãos por linha (Figura 3-D).

Para o peso dos grãos em função do aumento das doses de K, houve efeito quadrático para semeadura e efeito linear para adubação no estágio V5 das plantas (Figura 3-E). A adubação na semeadura apresentou os maiores valores para esta variável, com valores entre 124,03 e 162,59 g, em que a dose de 100 kg de K ha<sup>-1</sup> foi responsável por proporcionar o maior peso de grãos nas plantas de milho (Figura 3-E). Na adubação V5 os valores variaram de 122,43 a 157,24 g sendo os maiores valores registrados na dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> (Figura 5-E). O teor de umidade (%) dos grãos no momento da colheita variou significativamente em função das diferentes doses de K, apresentando efeito quadrático nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) (Figura 3-F). No momento da adubação na semeadura os valores médios variaram de 22,12 a 24,53%, sendo os maiores valores registrados na dose de 100 kg de K ha<sup>-1</sup> (Figura 3-F). Já a adubação das plantas no estágio V5 proporcionou valores maiores, variando de 22,95 a 24,60%, em que na dose de 100 kg de K ha<sup>-1</sup> a umidade do grão foi maior (Figura 3-F).

No entanto, Deparis *et al.* (2007) em seu estudo não encontraram efeito significativo das doses de K (3 kg ha<sup>-1</sup>; 7,5 kg ha<sup>-1</sup>; 15 kg ha<sup>-1</sup>; 30 kg ha<sup>-1</sup>; 45 kg ha<sup>-1</sup>; 52 ,5

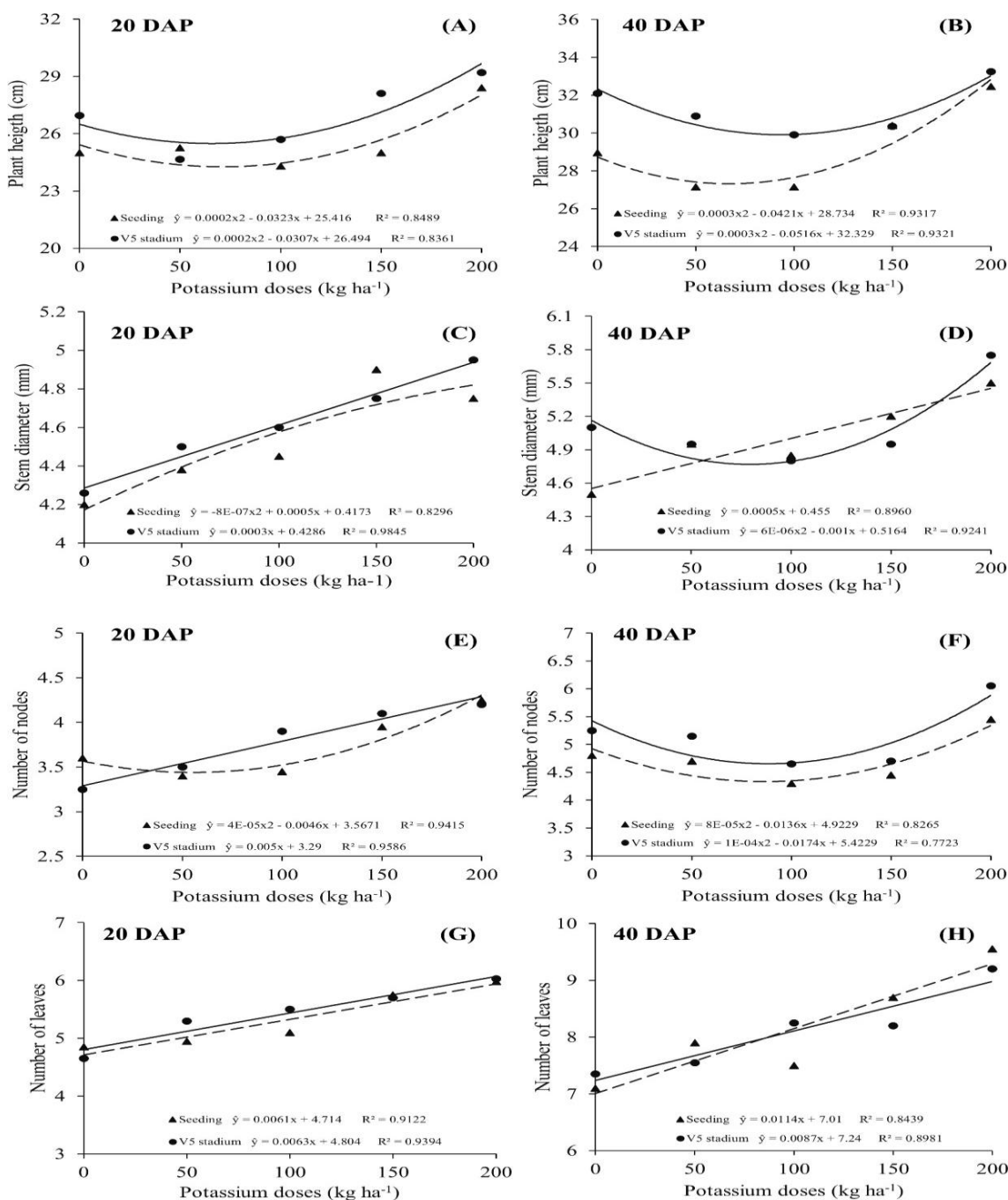
kg ha<sup>-1</sup>; e 57 kg ha<sup>-1</sup> de K) nas variáveis de produtividade citadas acima, o que pode ter ocorrido devido à utilização de doses menores de K, diferentemente do presente estudo, em que doses maiores (100 kg ha<sup>-1</sup>; 150 kg ha<sup>-1</sup>; e 200 kg ha<sup>-1</sup>) proporcionaram os maiores índices de produtividade em plantas de milho nas duas épocas de adubação. Este fato possivelmente ocorreu pelo fato do K influenciar diretamente no crescimento celular, com a ativação enzimática no transporte do Nitrogênio, causando a formação dos tecidos vegetais (TAIZ *et al.*, 2017). Büll (1993) observou que o K influencia o desenvolvimento da cultura, bem como o número de grãos por espiga e o peso dos grãos. Wendling *et al.* (2008), descobriram que o milho sob plantio direto não respondeu significativamente à adubação potássica, na maioria dos locais e culturas, em experimentos conduzidos no Paraguai.

De acordo com a análise de crescimento de plantas de feijão cultivadas na mesma área do milho, a adubação potássica foi significativamente influenciada pela altura da planta, diâmetro do caule, número de nós e número de folhas nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) 20 e 40 dias após o plantio (DAP) (Figura 4). Esses resultados não corroboram com o estudo de Melo *et al.* (2005), em que o feijão dificilmente responde à adubação potássica.

A altura das plantas de feijoeiro em função das doses de K apresentou respostas quadráticas nos dois períodos de adubação (Figura 4-A e B). Na adubação V5, os maiores valores foram registrados na dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup>, variando de 24,65 a 29,20 cm aos 20 DAP, e de 29,90 a 33,25 cm aos 40 DAP (Figura 4-A e B). Na adubação na semeadura a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> proporcionou maiores valores de altura de planta, variando de 24,3 a 28,4 cm aos 20 DAP, e de 27,15 a 32,45 aos 40 DAP (Figura 4-A e B). Comparando as duas épocas de adubação, verificou-se que a adubação no estágio V5 foi superior para a altura das plantas (Figura 4-A e B). Souza e colaboradores (2013) avaliando o efeito do aumento de doses de potássio na vagem preta, encontraram efeito significativo na altura das plantas em função das doses utilizadas. O efeito residual das doses de K está diretamente relacionado ao crescimento das plantas de feijoeiro, sendo o melhor desenvolvimento registrado nas maiores doses de K.

Para o diâmetro do caule do feijoeiro em função do aumento das doses de K, houve resposta quadrática para semeadura aos 20 DAP e linear aos 40 DAP, e para a adubação no estágio V5 houve efeito linear aos 20 DAP e quadrático aos 40 DAP (Figura 4-C e D). Na adubação na semeadura a dose de 150 kg de K ha<sup>-1</sup> apresentou os maiores valores aos

20 DAP, variando de 4,20 a 4,90 mm, e aos 40 DAP a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> apresentou maiores valores, variando de 4,50 a 5,50 mm (Figura 4-C e D). Na adubação no estágio V5, a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> apresentou os maiores valores nas duas épocas de avaliação, com valores variando de 4,26 a 4,95 mm aos 20 DAP e 4,83 a 5,75 mm aos 40 DAP (Figura 4-C e D).



**Figura 4.** Altura das plantas (A e B), diâmetro do caule (C e D), número de nós (E e F) e número de folhas (G e H) em feijoeiros submetidos a doses crescentes de K em duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) aos 20 e 40 DAP

O diâmetro do caule é de fundamental importância para avaliar o potencial e desenvolvimento das espécies agrícolas, assim, as plantas que apresentam maiores diâmetros de caule, conseqüentemente também proporcionam maiores índices de produtividade, sendo menos suscetíveis ao tombamento (SOUZA *et al.*, 2006). De qualquer forma, assim como Sousa *et al.* (2013), doses crescentes de K não influenciaram significativamente o diâmetro do caule em plantas de feijoeiro.

Em relação ao número de nós nas plantas de feijoeiro sob doses crescentes de K, observou-se que houve efeito quadrático na adubação na semeadura aos 20 e 40 DAP e efeito linear na adubação no estágio V5 aos 20 DAP e quadrático aos 40 DAP. DAP (Figura 4-E e F). Na adubação na semeadura os valores variaram de 3,60 a 4,20 aos 20 DAP, e de 4,30 a 5,45 aos 40 DAP quando a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> apresentou os maiores valores (Figura 4-E e F). Na adubação V5, os valores nas duas épocas de avaliação variaram de 3,25 a 4,20 aos 20 DAP, e de 4,70 a 6,05 aos 40 DAP, em que a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> apresentou melhores respostas nas avaliações das duas épocas do ano (Figura 4-E e F).

O número de folhas dos feijoeiros submetidos a diferentes doses de potássio apresentou respostas lineares crescentes nas diferentes épocas de avaliação (20 e 40 DAP) e nas duas épocas de adubação (semeadura e estágio V5) (Figura 4-G e H). Na adubação na semeadura a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> registrou os maiores valores, que variaram de 4,95 a 5,98 aos 20 DAP, e de 7,10 a 9,55 aos 40 DAP (Figura 4-G e H). No momento da adubação no estágio V5 os valores variaram de 4,65 a 6,03 aos 20 DAP, e de 7,35 a 9,20 aos 40 DAP, em que a dose de 200 kg de K ha<sup>-1</sup> foi superior às demais (Figura 4-G e H). Essa resposta positiva do feijoeiro aos resíduos da adubação potássica no consórcio com o milho pode ser explicada pelo fato de maiores doses de K atenderem de forma equilibrada às necessidades nutricionais da cultura (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

## CONCLUSÃO

Há efeito da adubação potássica no crescimento, nas trocas gasosas e na produtividade do milho nas duas épocas de plantio, com a adubação no estágio V5, sendo a mais adequada para a cultura;

A dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou melhor desenvolvimento das plantas de milho nas duas épocas de plantio (semeadura e estágio V5);

A adubação potássica na semeadura e no estágio V5 promoveu efeito residual no crescimento do feijoeiro, sendo que a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou melhor desenvolvimento das plantas;

Para maior desenvolvimento do milho, recomenda-se utilizar a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> no estágio V5 de plantas.

## REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, J. D.; CRUSCIOL, C. A. C.; SOUZA, E. C. A.; BULL, L. T. Crescimento do milho em função da saturação por bases e da adubação potássica. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 145-150, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000100022>

BENITES, V. M.; CARVALHO, M. C. S.; RESENDE, A. V.; POLIDORO, J. C.; BERNADI, A. C. C.; & OLIVEIRA, F. A. Potássio, cálcio e magnésio. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP S. R. (Eds.), **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes** (pp. 137-191). Piracicaba: IPNI, 2010.

BERTOLLI, S. C.; SOUZA, J.; SOUZA, G. M. Caracterização fotossintética da espécie isohídrica Pata-de-Elefante em condições de deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 196-205, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n322rc>

BÜLL, L. T. Nutrição mineral do milho. In L. T. Büll, & Hcantarella, H. (E ds.), *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade* (pp. 63-145). Piracicaba: Potafos, 1993.

CAVALLET, L. E.; PESSOA, A. C. S.; HELMICH, J. J.; HELMICH, P. R.; OST, C. F. (2000). Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 129-132, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662000000100024>

CARMO, M. S.; CRUZ, S. C. S.; SOUZA, E. J.; CAMPOS, L. F. C.; MACHADO, C. G. (2012). Doses e fontes de nitrogênio no desenvolvimento e produtividade da cultura de milho doce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*). **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 223-231, 2012.

CAVALLI, E.; LANGE, A. Efeito residual do potássio no sistema de cultivo soja -milho safrinha no Cerrado Mato-Grossense. **Cultura Agrônômica**, v. 27, n. 2, p. 310-326, 2018.

- COELHO, A. M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 10, 2006.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C.; HERNANI, L. C. **Cultivo do milho**. (Sistemas de produção 1). Brasília: Embrapa CNPMS. s/p., 2007.
- DEPARIS, G. A.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F. Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 4, p. 517-525, 2007. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i4.414>
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.), **Fertilidade do solo** (pp. 551-594), 2007. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; LIMA NETO, A. J. (2014). Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 82-91, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000100011>
- JAIMEZ, R. E.; RADA, F.; GARCÍA -NÚÑEZ, C.; AZÓCARB, A. Seasonal variations in leaf gas exchange of plaitain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae**, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.07.002>
- KALPANA, R.; KRISHNARAJAN J. Effect of dose and time of potassium application on yield and quality of baby corn. **Agricultural Science Digest**, v. 22, n. 1, p. 59-60, 2002.
- KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. (2nd ed.). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. p. 431, 2012.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA. p. 531, 2006.
- LOPES, V. J.; LUCIO, A. D. C.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. (2007). Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p.1536-1542, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000600005>
- MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. C. (2005). Fertilidade do solo e adubação. In MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; SALVIANO, A. A. (Eds.), **Feijão -Caupi: avanços tecnológicos** (pp. 228-242). Brasília: Embrapa Meio -Norte, 2005.

OLIVEIRA, F.; CAVALCANTE, L.; SILVA, I.; PEREIRA, W.; OLIVEIRA, J.; COSTA FILHO, J. Crescimento do milho adubado com nitrogênio e fósforo em um Latossolo Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 3, p. 238-244, 2009. <https://doi.org/10.5039/agraria.v4i3a1>

PARENTE, T. L.; LAZARINI, E.; CAIONI, S.; DE SOUZA, L. G. M.; PIVETTA, R. S.; BOSSOLANI, J. W. (2016). Potássio em cobertura no milho e efeito residual na soja em sucessão. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 3, p. 193-200. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i3.3258>

PAVINATO, P. S.; CARETTA, C. A.; GIROTTO, E.; MOREIRA, I. C. L. Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 358-364, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200010>

PETTER, F. A.; ANDRADE, F. R.; ZUFFO, A. M.; MONTEIRO, M. M. S.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Doses e épocas de aplicação de potássio no desempenho agrônômico do milho no cerrado piauiense. **Comunicata Scientiarum**, v. 7, n. 3, p. 372-382, 2016. <https://doi.org/10.14295/cs.v7i3.1218>

RABÊLO, F. H. S.; REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; AMORIM, F. A. Características agronômicas e bromatológicas do milho submetido a adubações com potássio na produção de silagem. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 3, p. 635-643, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300028>

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, G. G.; SOUSA, C. H. C.; FERREIRA, F. J. (2013). Irrigação com águas salinas e uso de biofertilizante bovino nas trocas gasosas e produtividade de feijão -caupi. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 304-317, 2013. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n2p304>

SOARES, B. L.; FERREIRA, P. A. A.; RUFINI, M.; MARTINS, F. A. D.; OLIVEIRA, D. P.; REIS, R. P.; ... MOREIRA, F. M. S. (2016). Agronomic and economic efficiency of common-bean inoculation with rhizobia and mineral nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 40, p. 1-13, 2016. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150235>

SOARES, L. A.; FURTADO, G. F.; ANDRADE, E. M. G.; SOUSA, J. R. M.; GUERRA, H. O. C.; NASCIMENTO, R. D. Troca de CO<sub>2</sub> do feijão -caupi irrigado com água salina e fertilização nitrogenada. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 3, p. 30-37, 2013. <https://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i3.386>



SOUSA, M. D. M.; CARVALHO, C. M.; SABINO, R. K.; LOPES, P. H.; ALCÂNTARA, V. S.; SILVESTRE, A. C. A. Efeito da adubação potássica no crescimento do feijão de corda preto. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 1, p. 66-73, 2013. <https://doi.org/10.7127/rbai.v7n100005>

SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. Desenvolvimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006. <https://doi.org/10.5902/198050981905>

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetal**. (6th ed.). Porto Alegre: Artmed. p. 888, 2017.

WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Picos no ano todo**. 2023. Disponível em: [https://pt.weatherspark.com/y/30826/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Picos-Brasil-durante-o-ano#google\\_vignette](https://pt.weatherspark.com/y/30826/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Picos-Brasil-durante-o-ano#google_vignette). Acesso em 01 de novembro de 2023.

WENDLING, A.; ELTZ, F. L. F.; CUBILLA, M. M.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J. Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1929-1939, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500014>

## Capítulo 5

# O ÁCIDO PIROLENHOSO DEMONSTRA EFICÁCIA NO MANEJO DE INFESTAÇÕES DE PULGÃO PRETO E AUMENTA A PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO-CAUPI

Antônio Veimar da Silva<sup>1</sup>, Carla Michelle da Silva<sup>2</sup>, Bruno Antônio Lemos de Freitas<sup>2</sup>,  
Sidney Saymon Cândido Barreto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia-PB, e-mail: [veimar74185@gmail.com](mailto:veimar74185@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa-MG

### INTRODUÇÃO

Os inseticidas botânicos são uma alternativa promissora aos produtos sintéticos para o controle de pragas em culturas, especialmente na agricultura orgânica, onde esses produtos não podem ser usados (ISMAN, 2020). No entanto, sua disponibilidade para os agricultores é limitada por vários fatores, incluindo a dificuldade de produção de plantas, métodos de extração sofisticados e falta de ensaios de campo (ISMAN, 2017). Portanto, estudos que avaliem substâncias promissoras com métodos de extração simples e que também testem esses materiais em condições de campo são essenciais para aumentar a adoção dessa alternativa de controle.

O pulgão (*Aphis craccivora*) é uma praga importante do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) em regiões tropicais (OFUVA, 1997). Adultos e ninfas sugam a seiva da planta, dos caules, brotos terminais e pecíolos durante a fase vegetativa da planta, e vagens e flores quando as plantas estão maduras (OBOPILE; OSITILE, 2010; MACHACHA *et al.*, 2012). Esse inseto pode causar perdas de rendimento de até 50% ou mais na ausência de práticas de manejo (OBOPILE, 2006). Dessa forma, o controle do pulgão do feijão-caupi deve ser realizado quando sua população atingir o nível em que as perdas econômicas sejam significativas.

Extratos de plantas à base de ácido pirolenhoso têm sido descritos como inseticidas eficazes contra insetos sugadores de seiva, como pulgões (MMOJIEJE;

HORNUNG, 2015). O extrato pirolenhoso é um produto natural obtido da decomposição térmica da madeira. Ele é composto por uma variedade de substâncias, incluindo ácidos orgânicos, fenóis, aldeídos e ésteres. Esses compostos têm atividade inseticida contra uma variedade de pragas, incluindo o pulgão (*Aphis craccivora*). Um estudo realizado por Adebayo *et al.* (2022) avaliou a eficácia do extrato pirolenhoso no controle do pulgão do feijão-caupi em condições de campo. O estudo mostrou que o extrato pirolenhoso foi eficaz na redução das populações de pulgão, com redução de até 70%. Além disso, o extrato pirolenhoso não causou danos à planta de feijão-caupi.

Esses resultados sugerem que o extrato pirolenhoso pode ser uma alternativa promissora para o controle do pulgão do feijão-caupi. O extrato é um produto natural, não tóxico e biodegradável. Além disso, o extrato é relativamente barato e fácil de produzir.

As substâncias à base de ácido pirolenhoso têm potencial para controlar o *A. craccivora*, mas sua eficácia em condições de campo ainda não foi comprovada. Este estudo avaliou a atividade inseticida de extratos aquosos de ácido pirolenhoso contra o *A. craccivora* em condições de campo e a produtividade do feijão-caupi após esses tratamentos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Ácido pirolenhoso**

O ácido pirolenhoso adquirido foi o Extrato Pironlenhoso do Brasil® (São Paulo, Brasil). Água destilada foi adicionada até que obter as concentrações de 2, 4 e 6 mL<sup>-1</sup>.

### **Área de estudo e procedimento experimental**

O experimento foi realizado em cultivos de feijão-caupi (*V. unguiculata* cv. BRS Tumucumaque) localizados em Picos, Piauí, Brasil (107°04'37" S, 41°28'01" W, 206 m acima do nível do mar). O cultivo ocorreu em duas épocas, uma seca (agosto-outubro de 2018) e outra úmida (dezembro-março de 2019).

O clima da região é árido (BSk, classificação de Köppen), com precipitação irregular e temperatura variando de 21 a 39 °C (PEEL *et al.*, 2207). Antes do estabelecimento da cultura, o solo foi arado, gradeado, sulcado e adubado de acordo com as recomendações

para o feijão-caupi com base na análise química do solo (ALMEIDA *et al.*, 2019). A irrigação por gotejamento foi aplicada durante toda a estação seca.

O experimento foi conduzido utilizando um delineamento experimental de blocos ao acaso ( $N = 4$ ) com uma parcela de cada tratamento por bloco. Cada parcela tinha cinco linhas com um espaçamento entre linhas de 0,5 m e um espaçamento entre-linha de 0,6 m (12 m<sup>2</sup> por parcela). Os blocos foram espaçados 1 m um do outro. O controle de outras pragas ou doenças não foi utilizado, e o controle de ervas daninhas foi realizado a cada 15 dias com enxada. Os tratamentos utilizados foram extratos aquosos de ácido pirolenhoso a 2, 4 e 6 mL L<sup>-1</sup> e água como controle. Cada parcela recebeu uma aplicação de um litro de solução por tratamento.

Os tratamentos foram pulverizados, de manhã, três vezes no final do estágio vegetativo da cultura com um intervalo de uma semana entre eles. Aplicamos um litro de solução por parcela utilizando um pulverizador de mochila pressurizado com CO<sub>2</sub> com uma pressão de 275 kPa e um volume de 125 L/ha (modelo XR110.020, TeeJet®).

O número de pulgões foi contado em cada parcela. Foram realizadas seis avaliações no total, uma antes e outra dois dias após cada pulverização. As avaliações foram realizadas utilizando apenas as três linhas centrais de cada parcela (não utilizamos plantas de borda) utilizando uma técnica de amostragem de pano de sacudir (1 m x 0,6 m) e uma lupa (10x).

O pano de sacudir foi colocado em cada linha e as plantas foram batidas cinco vezes sobre ele. Em seguida, o número de pulgões no pano de sacudir foi contado usando a lupa. Em seguida, a mortalidade do pulgão foi estimada para cada parcela como a diferença proporcional entre a abundância do pulgão antes e após cada pulverização:  $M (\%) = [(C_0 - C_f) / C_0] \times 100$ , onde  $M (\%)$  é a mortalidade do pulgão estimada,  $C_0$  é o número de pulgões antes da pulverização e  $C_f$  é o número de pulgões após a aplicação do tratamento.

A produtividade da cultura foi estimada em kg/ha utilizando o número de vagens e o peso dos grãos provenientes das três linhas centrais onde os pulgões foram contados.

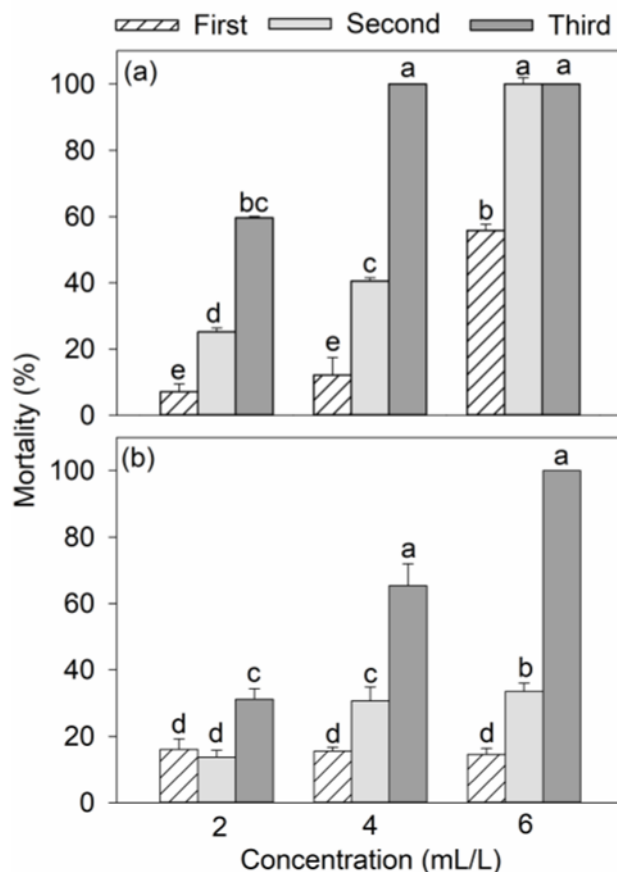
### **Análise Estatística**

Realizamos todas as análises no software R (versão 3.5.0.) usando o pacote 'agricolae' (R CORE TEAM, 2018). Os dados foram testados quanto à normalidade dos erros e homogeneidade das variâncias usando, respectivamente, os testes de Shapiro-

Wilk e Bartlett. Os dados de mortalidade foram transformados ( $\sqrt{\text{arco seno}}$ ) para atender a esses pressupostos (PAVELA, 2018). Em seguida, a mortalidade de pulgões foi submetida a uma análise de variância ( $\alpha = 0,05$ ) com bloco, concentração, pulverização e a interação concentração\*pulverização como covariáveis, e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para efeitos significativos. A produtividade do feijão-caupi também foi submetida a uma análise de variância ( $\alpha = 0,05$ ) com bloco e tratamento como covariáveis, e as médias foram comparadas usando o teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) para efeitos significativos. Os gráficos foram desenhados usando o software Sigma Plot versão 11.

## RESULTADOS

A mortalidade de *A. craccivora* aumentou com o aumento da concentração e do número de pulverizações de ácido pirolenhoso (Figura 1), indicando uma interação significativa entre esses fatores para ambas as estações de crescimento (Tabela 1). Na estação seca, a mortalidade de pulgões foi geralmente mais alta na concentração de 6 mL L<sup>-1</sup>. As maiores mortalidades foram observadas para essa concentração após a segunda e terceira pulverizações, bem como para 4 mL L<sup>-1</sup> após a terceira (Figura 1a). Observamos a mesma tendência na estação chuvosa, com maiores mortalidades causadas pela concentração de 6 mL L<sup>-1</sup> após a segunda e terceira pulverizações (Figura 1b). No geral, em ambas as estações, o ácido pirolenhoso na concentração de 2 mL L<sup>-1</sup> causou as menores mortalidades (Figura 1).



**Figura 1:** Mortalidade estimada (média  $\pm$  erro padrão) de *Aphis craccivora* para diferentes concentrações de ácido pirolenhoso (2, 4 e 6 mL L<sup>-1</sup>) e pulverizações (primeira, segunda e terceira) em cultivos de *Vigna unguiculata* cultivados durante as estações seca (a) e chuvosa (b) em Picos, Piauí, Brasil. Letras diferentes indicam diferenças entre concentrações e pulverizações pelo teste de Tukey em  $p < 0.05$ .

**Tabela 1:** Resumo da análise de variância (ANOVA) para os efeitos do ácido pirolenhoso em diferentes concentrações, número de pulverizações e sua interação na mortalidade de *Aphis craccivora* em *Vigna unguiculata* cultivada por duas safras em Picos, Piauí, Brasil. Os dados foram transformados ( $\arcsin \sqrt{\cdot}$ ) antes da ANOVA

Dados	G.L.	Seco		Chuvoso	
		F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Blocos	3	0.91	0.44	2.20	0.11
Concentração (C)	2	410.48	<0.001	92.57	<0.0001
Pulverização (P)	2	368.28	<0.001	260.9	<0.0001
C*P	4	123.58	<0.0001	54.58	<0.0001
Residuo	24				

**Fonte:** Criado pelos autores

O controle de *A. craccivora* aumentou a produtividade de *V. unguiculata* (Tabela 2). Todas as parcelas tratadas com ácido pirolenhoso apresentaram valores significativamente mais altos em comparação com as parcelas de controle (Tabela 3). Em ambas as temporadas, as parcelas que receberam 6 mL L<sup>-1</sup> de ácido pirolenhoso tiveram a maior produtividade, seguidas pelas concentrações de 4 e 2 mL L<sup>-1</sup> (Tabela 3).

**Tabela 2:** Resumo da análise de variância (ANOVA) para a produtividade de *Vigna unguiculata* de acordo com a aplicação de diferentes concentrações de ácido pirolenhoso em duas estações de crescimento em Picos, Piauí, Brasil.

Dados	G.L.	Seco		Chuvoso	
		F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Blocos	3	2.33	0.14	2.75	0.12
Treatmentos	3	7298.54	<0.0001	577.2	<0.0001
Resíduos	9				

**Fonte:** Criado pelos autores

**Tabela 3:** Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) de *Vigna unguiculata* de acordo com a concentração aplicada (2, 4 e 6 mL L<sup>-1</sup>) de ácido pirolenhoso (PA) em duas estações de crescimento (seca e úmida) em Picos, Piauí, Brasil. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças pelo teste de Tukey com *p* < 0,05.

Tratamentos	Médias (± erro padrão)	
	Seco	Chuvoso
Controle	966.70 (±17.94) a	1199.87 (±37.38) a
	1553.62 (±11.50)	1585.75 (±33.63)
PA 2 mL.L <sup>-1</sup>	b	b
PA 4 mL.L <sup>-1</sup>	2267.51 (±4.06) c	2360.52 (±38.75) c
		3332.82 (±88.79)
PA 6 mL.L <sup>-1</sup>	2904.76 (±6.98) d	d

**Fonte:** Criado pelos autores. PA – Princípio ativo

## DISCUSSÃO

Métodos simples de controle de pragas são desejáveis e podem ajudar os agricultores a melhorar a produção agrícola, especialmente em regiões da zona tropical onde a maior parte da agricultura é de pequena escala e com poucos recursos disponíveis (ISMAN, 2017). Os inseticidas botânicos são uma boa alternativa para a gestão de pragas nestas circunstâncias e também têm um grande impacto em condições mais específicas como a agricultura biológica, onde os recursos para o controlo de pragas são ainda mais limitados. Contudo, a validação destes métodos alternativos depende de ensaios de campo.

Neste contexto, os resultados deste estudo representam uma melhoria na produção de feijão-caupi porque podem melhorar os programas de gestão de pragas de pequenos produtores e agricultores biológicos. Nosso estudo foi realizado em condições de campo e mostra que o ácido pirolenhoso controla *A. craccivora* e aumenta a produtividade do feijão-caupi.

Este efeito mudou em função da concentração com mortalidades mais elevadas na concentração mais elevada testada (isto é, 6 mL L<sup>-1</sup>). Primeiramente, dois aspectos devem ser considerados: i) o efeito inseticida das substâncias pirolenhosas, e ii) a indução do crescimento e desenvolvimento das plantas por este produto.

A bioatividade de substâncias pirolenhosas foi relatada para *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), causando mais de 90% de mortalidade 48 horas após a exposição (MMOJIEJE; HORNUNG, 2015). O extrato pirolenhoso é um subproduto do processo de carbonização da madeira e possui um elevado número de substâncias em sua composição como compostos fenólicos, aldeídos e ácidos orgânicos (ALMEIDA *et al.*, 2019).

Esses compostos têm efeito inseticida, mas também têm impacto positivo no crescimento e desenvolvimento das plantas (bioestimulantes), conforme demonstrado para as culturas do tomate, soja, arroz e outras culturas (GREWAL *et al.*, 2018). Além disso, a concentração de uma substância desempenha um papel importante no seu efeito biológico e, portanto, esperávamos maiores taxas de mortalidade em concentrações mais elevadas de extrato. Esta hipótese foi confirmada, principalmente para a maior concentração do pirolenhoso (6 mL L<sup>-1</sup>). Em conjunto, esses aspectos podem explicar os resultados encontrados em nosso estudo.



A produtividade das culturas depende de fatores como fertilizantes, controle de pragas e doenças, cultivar, disponibilidade de água e outros. Entre eles, a relação entre a perda de rendimento e a densidade de pragas é um passo importante para determinar o nível de prejuízo econômico para o controle de pragas. Para as culturas de feijão-caupi, um aumento na densidade de *A. craccivora* pode aumentar as perdas de rendimento em 50% ou mais (OBOPILE, 2006). Assim, o manejo deste inseto é particularmente relevante logo antes do início do período de floração para reduzir a dispersão de *A. craccivora* para essas estruturas (MACHACHA *et al.*, 2012). Nesse sentido, nosso estudo mostra que mesmo baixas taxas de controle de *A. craccivora* podem aumentar a produtividade do feijão-caupi, conforme destacado pelo contraste entre as parcelas tratadas na concentração mínima e a menor produtividade observada nas parcelas controle.

Nosso estudo indica que o extrato pirolenhoso pode causar mortalidade para *A. craccivora*, aumentando a produtividade do feijão-caupi. Este estudo contribui para o uso de um inseticida amigável em campos que não impacte negativamente o meio ambiente. Além disso, sugerimos que outras concentrações de extrato pirolenhoso possam ser testadas para aumentar a produtividade do feijão-caupi.

## CONCLUSÃO

O extrato de ácido pirolenhoso demonstrou ser eficaz no controle do pulgão *A. craccivora*, resultando em um aumento significativo na produtividade do feijão-caupi.

Os resultados demonstraram que a mortalidade do pulgão aumentou com a concentração e o número de pulverizações do ácido pirolenhoso, com a concentração de 6 mL L<sup>-1</sup> apresentando as maiores taxas de mortalidade. Além disso, a produtividade do feijão-caupi foi significativamente maior nas parcelas tratadas com ácido pirolenhoso em comparação com as parcelas de controle, com a concentração de 6 mL L<sup>-1</sup> resultando em maior produtividade.

Esses resultados indicam que o ácido pirolenhoso pode ser uma alternativa promissora para o controle do pulgão *A. craccivora* e para o aumento da produtividade do feijão-caupi.

O estudo contribui para o uso de um inseticida ambiental em campos que não impactam as qualidades do meio ambiente, e sugere que outras concentrações de extrato

pirolenhoso podem ser testadas para aumentar ainda mais a produtividade do feijão-caupi

## REFERENCIAS

ADEBAYO, O. A.; IDOWU, A. O.; OJO, O. A.; ISHOLA, I. O. Efficacy of *Ageratum conyzoides* against *Aphis craccivora* on cowpea (*Vigna unguiculata*) in Nigeria. **Crop Protection**, v. 158, 105569, 2022.

ALMEIDA, R. S. R.; TACCINI, M. M.; MOURA, L. F.; CIRIBELLI, U. L.; BRITO, J. O.; GLORIA, E. M. Potential of Pyroligneous Extract of Eucalyptus Wood as a Preservative of Cosmetic and Sanitizing Products. **Waste and Biomass Valorization**, v. 10, p. 1111–1118, Nov. 2019.

GREWAL, A. L.; ABBEY, L.R. Gunupuru. Production, prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 135, p. 152–159, Oct. 2018.

ISMAN, M. B. Botanical Insecticides in the Twenty-First Century-Fulfilling Their Promise?. **Annual Reviews of Entomology**, v. 65, p. 233–249, Jan. 2020.

ISMAN, M. B. Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 10–14, Dec. 2017.

MACHACHA, M.; OBOPILE, M.; TSHEGOFATSO, A. B. N.; TIROESELE, B.; GWAFILA, C.; RAMOKAPANE, M. Demographic parameters of cowpea aphid *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on different Botswana cowpea landraces. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 32, p. 189–193, Dec. 2012.

MMOJIEJE, J.; HORNING, A. The Potential Application of Pyroligneous Acid in the UK Agricultural. **Industry. Journal of Crop Improvement**, v. 29, p. 228–246, Apr. 2015.

OBOPILE, M. Economic threshold and injury levels for control of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Linnaeus (Homoptera : Aphididae), on cowpea. **African Plant Protection**, v. 12, p. 111–115, Dec. 2006.

OBOPILE, M.; OSITILE, B. Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 9–14, Jun. 2010.

OFUVA, T. I. Control of the cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), in cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 2, p. 199–207, Dec. 1997.

PAVELA, R. Essential oils from *Foeniculum vulgare* Miller as a safe environmental insecticide against the aphid *Myzus persicae* Sulzer. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 10904–10910, Apr. 2018.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T.A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, Oct. 2007.

R CORE TEAM R: **A language and environment for statistical computing**. Version 3.5.1, 2018.

## Capítulo 6

### DESENVOLVIMENTO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR: PERSPECTIVAS, DESAFIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Carla Michelle da Silva<sup>1</sup>, Antônio Veimar da Silva<sup>2</sup>, Bruno Antônio Lemos de Freitas<sup>1</sup>, Lucilo José Morais de Almeida<sup>2</sup>, Matheus de Andrade Borba<sup>2</sup>, Júnior Pereira de Souza<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa-MG, e-mail: [carla.mic@hotmail.com](mailto:carla.mic@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia-PB

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Campus Resende

#### INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por energia aliada às preocupações ambientais tem impulsionado a busca por fontes renováveis de combustíveis, destacando os biocombustíveis como alternativas promissoras. Nesse cenário, a cana-de-açúcar se destaca como uma matéria-prima versátil para a produção de biocombustíveis, como o etanol (CESAR, 2022).

A demanda crescente por fontes de energia renováveis como alternativa aos combustíveis fósseis tem colocado os biocombustíveis no centro de discussão sobre sustentabilidade e segurança energética. A cana-de-açúcar, uma cultura amplamente cultivada em diversas regiões tropicais e subtropicais, destaca-se como uma matéria-prima promissora para a produção de biocombustíveis, especialmente o etanol (CAMARGO, 2023). No entanto, o desenvolvimento desse setor enfrenta desafios relacionados à eficiência econômica, tecnológica e aos impactos ambientais.

O problema central abordado neste estudo é a necessidade prévia de melhoria da produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, considerando uma abordagem holística que engloba aspectos econômicos, tecnológicos e ambientais (GUIDUCCI *et al.*, 2021). A exploração intensiva da cultura para a produção de etanol, por exemplo, pode resultar em influência ambiental, como a conversão de áreas naturais em campos de cultivo, uso excessivo de insumos agrícolas e emissões de gases de efeito estufa (FÉLIX *et*

*al.*, 2020). Além disso, questões relacionadas à eficiência na produção e à competitividade econômica precisam ser abordadas para garantir a sustentabilidade no longo prazo dessa forma de energia renovável.

Para superar o problema identificado, a questão de pesquisa proposta é: "Como maximizar a produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, considerando as previsões econômicas, os desafios tecnológicos e os impactos ambientais?" Essa questão abrangente permitirá uma análise aprofundada das diferentes facetas envolvidas no desenvolvimento de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, fornecendo insights cruciais para orientar políticas, práticas agrícolas e estratégias de investimento.

Embora muitos estudos tenham abordado aspectos específicos da produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, há uma lacuna significativa na pesquisa que integra de maneira abrangente as implicações econômicas, os desafios tecnológicos e os impactos ambientais associados a essa prática (OLIVEIRA *et al.*, 2023). A literatura existente tende a focar predominantemente em uma dessas dimensões, muitas vezes superando a complexa interação entre os fatores econômicos, tecnológicos e ambientais.

Uma pesquisa abrangente que busque preencher essa lacuna deve considerar:

- 1) Análise integrada de custos e benefícios econômicos
  - Avaliar os custos totais da produção de biocombustíveis, incluindo investimentos em tecnologia, custos agrícolas, e infraestrutura, em comparação com os benefícios econômicos gerados;
  - Investigar os impactos nos preços dos biocombustíveis, competitividade no mercado global e o papel das políticas governamentais.
- 2) Abordagem tecnológica holística
  - Explorar tecnologias inovadoras que possam aumentar a eficiência na produção de cana-de-açúcar, desde melhorias no manejo agrícola até avanços na conversão de biomassa em biocombustíveis;
  - Considerar a aplicação de inteligência artificial, automação e outras tecnologias emergentes para otimizar os processos de produção.
- 3) Avaliação ambiental integrada
  - Investigar os impactos ambientais em todo o ciclo de vida, desde o plantio da cana-de-açúcar até o consumo do biocombustível, levando em conta emissões de gases de efeito estufa, uso da terra, consumo de água e impactos na biodiversidade;

- Identificar práticas sustentáveis que minimizem os impactos ambientais negativos, promovendo a transição para um modelo de produção mais verde.

#### 4) Modelagem de Cenários Futuros

- Desenvolver modelos que simulem diferentes cenários econômicos, tecnológicos e ambientais para prever o impacto a longo prazo da produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar.
- Considerar variações como mudanças climáticas, políticas energéticas e avanços tecnológicos que podem influenciar a previsão dessa prática ao longo do tempo.

Uma pesquisa abrangente e integrada nessas áreas pode oferecer insights valiosos para formuladores de políticas, empresas do setor e pesquisadores, contribuindo para uma abordagem mais informada e sustentável no desenvolvimento de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar.

Nesse sentido, o presente artigo busca conduzir uma revisão sistemática abrangente com o objetivo de analisar as estratégias existentes para maximizar a produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, focalizando as projeções econômicas, desafios tecnológicos e impactos ambientais. A revisão visa consolidar e sintetizar as evidências científicas disponíveis, identificar lacunas no conhecimento e fornecer uma visão crítica das abordagens adotadas até o momento.

## **METODOLOGIA**

Para abordar a questão de pesquisa, serão utilizadas metodologias que incluem análises econômicas, avaliações tecnológicas e estudos de impacto ambiental. Será realizada uma revisão abrangente da literatura para identificar as melhores práticas e as inovações no setor. Além disso, estudos de caso e modelagem serão aplicados para compreender os cenários econômicos sob diferentes condições e avaliar o desempenho ambiental da produção de biocombustíveis de cana-de-açúcar.

A pesquisa será feita por etapas. A primeira etapa consistiu na busca sistemática no google acadêmico, buscando artigos, livros e materiais eletrônicos com enfoque relacionados à maximização da produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, considerando projeções econômicas, desafios tecnológicos e impactos ambientais.

Após a busca criteriosa dos materiais de estudo, foi feito o processo de inclusão e exclusão, onde foi definido critérios para a seleção dos materiais, priorizando trabalhos que abordem estratégias específicas para otimizar a produção, atualizando em relação às projeções econômicas, enfrentando desafios tecnológicos e avaliando impactos ambientais, sendo as demais áreas desconsideradas.

Em seguida foi extraído dados relevantes de cada estudo, incluindo métodos utilizados, resultados obtidos e conclusões alcançadas. Foi feita uma síntese crítica para identificar padrões, lacunas e áreas de consenso ou controvérsia na literatura.

Logo após foi identificado as tendências emergentes de cada trabalho escolhido, agrupando os estudos conforme as estratégias empregadas para maximizar a produção de biocombustíveis.

A pesquisa sobre o desenvolvimento de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, com foco na maximização da produção considerando projeções econômicas, desafios tecnológicos e impactos ambientais, é de suma importância por várias razões e para diversos públicos. Abaixo algumas justificativas para esta pesquisa e os principais benefícios:

**Necessidade de Fontes Sustentáveis de Energia:** Num cenário global de crescente demanda por energia e preocupações ambientais, a busca por fontes sustentáveis de energia, como os biocombustíveis, é crucial. A cana-de-açúcar destaca-se como uma matéria-prima promissora devido à sua alta eficiência na produção de biocombustíveis, especialmente etanol.

**Contribuição para a Transição Energética:** A transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável é uma prioridade global. O desenvolvimento eficiente de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar pode desempenhar um papel significativo nessa transição, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis e mitigando as emissões de gases de efeito estufa.

**Benefícios Econômicos e Competitividade:** Compreender como maximizar a produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar em consonância com as projeções econômicas é essencial para garantir a previsão econômica dessa prática. Isso pode impactar positivamente a competitividade dos biocombustíveis no mercado global, gerando benefícios econômicos para países e empresas envolvidas na produção.

**Avanços Tecnológicos e Inovação:** Uma pesquisa sobre os desafios tecnológicos associados à produção de biocombustíveis oferece a oportunidade de avanços

tecnológicos e inovações no setor agrícola e industrial. Isso pode resultar em práticas mais eficientes, processos de produção mais limpos e, conseqüentemente, maior rentabilidade.

**Sustentabilidade Ambiental:** Considerar os impactos ambientais é crucial para garantir a sustentabilidade da produção de biocombustíveis. Uma pesquisa nesse contexto pode fornecer insights sobre práticas agrícolas sustentáveis, redução de pegada de carbono e minimização de outros impactos ambientais negativos.

**Tomada de Decisão Governamental:** Os resultados da pesquisa podem informar a formulação de políticas públicas, orientando governos na implementação de medidas que incentivem o desenvolvimento sustentável de biocombustíveis. Isso é especialmente relevante em países onde a produção de cana-de-açúcar é uma indústria significativa.

**Indústria e Pesquisadores do Setor:** Empresas do setor de biocombustíveis, pesquisadores e profissionais agrônomos podem se beneficiar diretamente da pesquisa, aplicando as descobertas para aprimorar processos, melhorar a eficiência e enfrentar os desafios específicos do setor.

Espera-se que esta revisão sistemática forneça uma visão abrangente do estado atual do conhecimento sobre a maximização da produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar, considerando projeções econômicas, desafios tecnológicos e impactos ambientais. Os resultados contribuem para o avanço do campo, orientando futuras pesquisas e oferecendo insights práticos para profissionais, pesquisadores e decisores envolvidos no setor de biocombustíveis.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Perspectivas de Desenvolvimento de Biocombustíveis

A cana-de-açúcar é uma cultura de elevado potencial para a produção de biocombustíveis devido à sua alta produtividade de biomassa e eficiência na conversão de sacarose em etanol (SILVA *et al.*, 2022) O Brasil se destaca como líder mundial na produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, demonstrando o potencial econômico e energético dessa prática.

Os biocombustíveis têm sido considerados uma alternativa promissora aos combustíveis fósseis devido ao seu potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade energética. No entanto, o desenvolvimento de biocombustíveis enfrenta desafios importantes, como a competição com a produção de



alimentos e a eficiência energética. Segundo Menezes *et al.*, (2019), a produção de biocombustíveis pode levar à conversão de terras agrícolas para a produção de culturas energéticas, afetando a disponibilidade e o preço dos alimentos. Além disso, a eficiência energética dos biocombustíveis, conforme proposta por Hill *et al.* (2006), é uma preocupação, especialmente no caso do etanol de milho, que tem uma eficiência energética relativamente baixa.

A perspectiva de desenvolvimento de biocombustíveis, em particular o etanol de cana-de-açúcar, tem evoluído em resposta aos desafios ambientais e à busca por fontes de energia mais sustentáveis. A produção brasileira de etanol de cana-de-açúcar tem sido influenciada por mecanismos de gestão socioambiental, como o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (EIA) e a certificação Bonsucro, que visam demonstrar o desempenho do setor em questões de sustentabilidade (KODAMA; LOURENZANI, 2021). Além disso, a busca por certificações e verificação de biocombustíveis tem sido um ponto de atenção, com a necessidade de desenvolver um índice de sustentabilidade que incorpore medidas de indicadores ambientais, sociais e econômicos para facilitar a tomada de decisões em uma economia baseada em energia limpa (BRANCO *et al.*, 2019).

O mesmo documento ainda destaca a perspectiva de desenvolvimento de biocombustíveis também está alinhada com a Agenda 2030 da ONU e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). A Agenda 2030 inclui 17 ODS, com mais de 230 indicadores para monitorar o progresso em direção a um futuro mais sustentável até 2030. Os ODS representam um apelo político para ação em direção à sustentabilidade, abordando desafios ambientais, sociais e econômicos que exigem ação imediata (BRANCO *et al.*, 2019).

Apesar desses desafios, o futuro dos biocombustíveis é promissor. O Brasil, por exemplo, é uma das lideranças mundiais em biocombustíveis, com condições climáticas propícias ao desenvolvimento dessas fontes de energia renovável (Zeppini Ecoflex). Além disso, o RenovaBio, um programa brasileiro que incentiva o desenvolvimento e a inovação do setor de biocombustíveis, tem o potencial de contribuições ainda mais esse mercado (FERNANDES, 2018).

O desenvolvimento de biocombustíveis também pode contribuir significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Os biocombustíveis produzidos a partir de culturas energéticas podem ser neutros em carbono, o que significa que as emissões de dióxido de carbono da produção e do uso de

biocombustíveis são compensadas pela absorção de dióxido de carbono pelas plantas durante o crescimento (SEARCHINGER *et al.*, 2008).

Em resumo, as perspectivas de desenvolvimento de biocombustíveis são promissoras, mas também enfrentam desafios significativos. A competição com a produção de alimentos e a eficiência energética são questões importantes. No entanto, o potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade energética torna os biocombustíveis uma área de interesse contínuo para pesquisa e desenvolvimento.

### **Desafios e Impactos enfrentados na produção de Cana-de-açúcar**

A discussão sobre os desafios e impactos enfrentados na produção de cana-de-açúcar evoluiu consideravelmente, abrangendo diversas perspectivas e abordagens apresentadas em obras relevantes. Dentre essas obras, destaca-se o trabalho de Branco *et al.* (2019) apresentado no XXV ENGEMA, que aborda o etanol da cana-de-açúcar em relação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Os desafios e impactos enfrentados na produção de cana-de-açúcar ocorrem em um contexto amplo que envolve questões econômicas, sociais e ambientais. A produção de cana-de-açúcar é uma atividade complexa que envolve altos custos de investimento e produção, além de riscos associados ao cultivo, como a perda de produtividade devido a doenças e pragas, e a necessidade de renovação do canavial após cada ciclo de colheita (SANT'ANNA *et al.*, 2016; MACHADO; HABIB, 2009). Além disso, o cultivo de cana-de-açúcar pode impactar as comunidades locais, afetando o acesso a recursos naturais e a qualidade de vida, e pode gerar pressão sobre os serviços públicos locais, como saúde e educação (GUARDABASSI, 2011; MACHADO; HABIB, 2009).

Outro desafio enfrentado na produção de cana-de-açúcar é a necessidade de garantir a sustentabilidade ambiental da atividade. O cultivo da cana-de-açúcar pode gerar impactos ambientais significativos, como a emissão de gases do efeito estufa ou a queimada da cana e o descarte de resíduos industriais (GUARDABASSI, 2011). Por isso, é importante adotar práticas seguras no cultivo da cana-de-açúcar, como a utilização de técnicas de plantio direto, a redução do uso de agrotóxicos e a adoção de sistemas de supervisão eficientes

Além disso, a produção de cana-de-açúcar enfrenta desafios econômicos, como a necessidade de garantir a competitividade do setor em um mercado global cada vez mais exigente. Para isso, é necessário investir em tecnologia e inovação, além de adotar estratégias de planejamento e gestão eficientes. É importante destacar que a produção de cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância econômica e social para o Brasil, gerando empregos e divisões para o país (MACHADO; HABIB, 2009).

Existem diversos desafios e impactos enfrentados na produção de cana-de-açúcar sob diferentes perspectivas. O estudo "O etanol da cana-de-açúcar e os objetivos de desenvolvimento sustentável" apresenta uma análise sobre a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e sua relação com os objetivos de desenvolvimento sustentável, destacando a importância de conciliar a produção de biocombustíveis com sustentabilidade ambiental e social (SANT'ANNA *et al.*, 2016). Já o artigo "O impacto socioambiental do cultivo de cana-de-açúcar e desafios das políticas de saúde e assistência social no município de Mirandópolis-SP" aborda os impactos socioambientais do cultivo de cana-de-açúcar em uma região específica, evidenciando os enfrentados pelas políticas de saúde e assistência social diante desses impactos (MACHADO; HABIB, 2009).

Nascimento (2020), explora o impacto socioambiental do cultivo de cana-de-açúcar, destacando os desafios enfrentados nas políticas de saúde e assistência social no município de Mirandópolis-SP. O estudo de Rabelo *et al.* (2018), analisam a demanda de etanol e o cultivo de cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul, fornecendo insights sobre a situação específica desse estado.

Outros trabalhos, como o de Souza e Ernesto (2020), exploram a relação entre a indústria 4.0 e a eficiência energética na produção de etanol no Brasil, enquanto Silva *et al.* (2020) discutem a importância do bioetanol no contexto brasileiro, comparando sua síntese a partir de cana-de-açúcar e milho, além de abordar o bioetanol de segunda geração.

Aragão (2022), realiza uma análise abrangente de biocombustíveis, considerando tecnologias, metas e impactos ambientais e econômicos. Vidal (2019) também contribui para a discussão, apresentando informações sobre a produção e uso de biocombustíveis no Brasil.

Além disso, há abordagens mais específicas, como o estudo de Blandon (2021) que avalia a integração do sequestro de CO<sub>2</sub> em biorrefinarias de cana no contexto do

programa RenovaBio, e o trabalho de Abreu e Silva (2021), que elucida os principais desafios da implementação de biocombustíveis.

Questões agronômicas, como a escolha de variedades adequadas, otimização do manejo agrícola e controle de previsões, são desafios cruciais para maximizar a eficiência na produção de cana-de-açúcar. Aspectos logísticos e infraestruturais também representam desafios, uma vez que uma cadeia produtiva de biocombustíveis requer uma estrutura robusta para o transporte e processamento da biomassa.

Na produção de cana-de-açúcar e etanol, também pode ser elencado os desafios e impactos ambientais nas emissões de gases de efeito estufa, erosão do solo, qualidade da água e perda de biodiversidade, segurança alimentar, manipulação do solo, distribuição de comunidades tradicionais, saúde e questões de conflitos de terras (BERNARDINO *et al.*, 2018). Além disso, a área de cultivo dedicada à cana-de-açúcar aumentou em detrimento das áreas de pastagem e também de terras anteriormente dedicadas à produção de alimentos, o que gerou preocupações com o aumento dos preços da terra e dos alimentos. Outro desafio é o aumento da área dedicada ao cultivo de cana-de-açúcar, que pode ocasionar perda de empregos, provavelmente pelo processo de mecanização da colheita de cana-de-açúcar. A produção de etanol, em larga escala, também pode consumir recursos naturais, como água, e reduzir as terras aráveis para a produção de alimentos (BRANCO *et al.*, 2019).

Apesar dos impactos ambientais associados à substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, é fundamental avaliar os impactos ambientais diretos e indiretos da produção em larga escala da cana-de-açúcar. Questões relacionadas ao uso de agroquímicos, consumo de água e mudanças no uso do solo exigem uma abordagem holística para garantir a sustentabilidade ambiental dessa prática.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância econômica e social para o Brasil, gerando empregos e divisões para o país. No entanto, existem diversos desafios e impactos enfrentados na produção de cana-de-açúcar sob diferentes perspectivas. É importante conciliar a produção de biocombustíveis com a sustentabilidade ambiental e social, considerando os objetivos de desenvolvimento sustentável. A produção de cana-de-açúcar e etanol pode gerar

impactos socioambientais, como emissões de gases de efeito estufa, erosão do solo, qualidade da água e perda de biodiversidade, segurança alimentar, manipulação do solo, distribuição de comunidades tradicionais, saúde e questões de conflitos de terras.

A escolha de variedades adequadas, a otimização do manejo agrícola e o controle de variações são desafios cruciais para maximizar a eficiência na produção de cana-de-açúcar. Aspectos logísticos e infraestruturais também representam desafios, uma vez que uma cadeia produtiva de biocombustíveis requer uma estrutura robusta para o transporte e processamento da biomassa. A área de cultivo dedicada à cana-de-açúcar aumentou em detrimento das áreas de pastagem e também de terras anteriormente dedicadas à produção de alimentos, o que gerou preocupações com o aumento dos preços da terra e dos alimentos.

Outro desafio é o aumento da área dedicada ao cultivo de cana-de-açúcar, que pode ocasionar perda de empregos, provavelmente pelo processo de mecanização da colheita de cana-de-açúcar. A produção de etanol, em larga escala, também pode consumir recursos naturais, como água, e reduzir as terras aráveis para a produção de alimentos. Apesar dos impactos ambientais associados à substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, é fundamental avaliar os impactos ambientais diretos e indiretos da produção em larga escala da cana-de-açúcar.

A produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas. No entanto, é importante considerar a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental e social da produção de biocombustíveis. A indústria 4.0 pode ser uma aliada na busca pela eficiência energética na produção de etanol no Brasil.

Uma análise abrangente de biocombustíveis, considerando tecnologias, metas e impactos ambientais e econômicos, é fundamental para a tomada de decisões estratégicas na produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar. É importante avaliar a demanda de etanol e o cultivo de cana-de-açúcar em diferentes regiões do país, fornecendo insights sobre a situação específica de cada estado.

A integração do sequestro de CO<sub>2</sub> em biorrefinarias de cana no contexto do programa RenovaBio pode ser uma estratégia interessante para a produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar. No entanto, é importante avaliar os impactos ambientais e sociais dessa estratégia. A implementação de biocombustíveis também pode enfrentar desafios, como a falta de incentivos e políticas públicas adequadas.

A produção de bioetanol a partir de cana-de-açúcar e milho pode ser comparada, considerando a importância do bioetanol no contexto brasileiro. Além disso, o bioetanol de segunda geração pode ser uma alternativa interessante para a produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar.

Em resumo, a produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância econômica e social para o Brasil, mas enfrenta diversos desafios e impactos socioambientais. É fundamental conciliar a produção de biocombustíveis com sustentabilidade ambiental e social, considerando os objetivos de desenvolvimento sustentável. Uma análise abrangente de biocombustíveis, considerando tecnologias, metas e impactos ambientais e econômicos, é fundamental para a tomada de decisões estratégicas na produção de biocombustíveis a partir da cana-de-açúcar.

## REFERENCIAS

ABREU, Sandy Raiany de Sousa; SILVA, Sâmia Valéria Pereira da. Biocombustíveis: elucidação dos principais desafios da implementação. Orientador: Reginaldo Magalhães. 2021. 21 f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Bacharelado em Administração) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Angical, Angical do Piauí, 2021

ARAGÃO, Lucas Siqueira. Análise de biocombustíveis: tecnologias, metas e impactos ambientais e econômicos. 2022. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

BERNARDINO, C. A. R. et al. Fitotecnologias: situação atual e perspectivas futuras. **Acta Brasiliensis**, v. 2, p. 63-68, 2018.

BLANDON, Geniel Andres Talavera. Avaliação técnico-econômica e ambiental da integração do sequestro de CO<sub>2</sub> em biorrefinarias de cana no contexto do programa RenovaBio. 2021. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

BRANCO, A. G. M.; BRANCO, A. G. M.; AGUIAR, D. A.; CAIXETA, L. R.; RODRIGUES, L. N. O etanol da cana-de-açúcar e os objetivos de desenvolvimento sustentável. **XXV ENGEMA**, 2019. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/22/arquivos/216.pdf>.

CAMARGO, K. C. C.. **Estudo sobre a viabilidade de produção do etanol de primeira geração e etanol de segunda geração**. Orientador: Frederico Silva Moreira. 2023. 53f. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande – MS, 2023.

CESAR, T. Z. Impactos ambientais e econômicos do álcool combustível no Brasil. 2022. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Ciências Econômicas) - Faculdade de Economia, Administração, Contábeis e Atuariais da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2022.

FÉLIX, A. S. et al. Análise exploratória dos impactos das mudanças climáticas na produção vegetal no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 1, p. 397-409, 2020.

FERNANDES, L. F. **Um futuro sustentável passa pelos biocombustíveis**, Secom/UFG, 2018.

GUARDABASSI, P. M. Os desafios à expansão sustentável da produção de etanol de cana-de-açúcar. 2011. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

GUIDUCCI, R. do C. N.; SABAINI, P. S.; MOLINARI, H. B. C.; LUCCA, P. C. Impactos econômicos e ambientais (ex-ante) da adoção da cultivar de cana-de-açúcar BRS3280BtRR no contexto de perdas agrícolas e industriais provocadas pela broca da cana (*Diatraea saccharalis*) no Brasil. **Artigo em anais e proceedings**. IN: 59º SOBER e 6º EBPC, 2021.

HILL, J.; NELSON, E.; TILMAN, D.; POLASKY, S.; TIFFANY, D. Custos e benefícios ambientais, econômicos e energéticos dos biocombustíveis biodiesel e etanol. **Anais da Academia Nacional de Ciências**, v. 103, n. 30, p. 11206-11210, 2006.

KODAMA, I. S.; LOURENZANI, W. L. (2021). Mudanças no Uso da Terra a Partir da Expansão do Cultivo da Cana-de-Açúcar na Região Oeste do Estado de São Paulo. **Desenvolvimento Em Questão**, v. 19, n. 55, p. 132-153. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2021.55.10754>

MACHADO, L. A.; HABIB, M. Perspectivas e impactos da cultura de cana-de-açúcar no Brasil. 2009. **Artigo em Hypertexto**. Disponível em:< [http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/Cana/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Cana/index.htm)>. Acesso em: 23/11/2023.

MENEZES, J. D. S.; MAGALHÃES, A. M. C.; CRUZ, D. M. B.; SILVA, C. M. C. B. **Biocombustíveis: perspectivas do desenvolvimento sustentável**. 1 ed. Aracajú – SE: Editora Brasil, 2019. 112p.

NASCIMENTO, Nésio Ferreira do. O impacto socioambiental do cultivo de cana-de-açúcar e desafios das políticas de saúde e assistência social no município de Mirandópolis-SP. 2020. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Brasil.

OLIVEIRA, Mateus Resende et al. Os impactos ambientais do setor sucroenergético e o uso de indicadores de sustentabilidade. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. 2, n. 52, 2023.

RABELO, G. W. C.; BUCKER, S. L.; SCHILINDWEIN, M. M. A demanda de etanol e o cultivo da cana-de-açúcar no Estado de Mato Grosso do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 4171-4186, 2018.

SANT'ANNA, A. C. et al. Os desafios da expansão da cana-de-açúcar: a percepção dos produtores e arrendatários de terra em Goiás e Mato Grosso do Sul. In: **GR Santos, Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**, p. 113-143, 2016.

SEARCHINGER, T.; HEIMLICH, R.; HOUGHTON, R. A.; DONG, F.; ELOBEID, A.; FABIOSA, J.; ... & YU, T. H. A utilização de terras agrícolas dos EUA para biocombustíveis aumenta os gases com efeito de estufa através das emissões resultantes da alteração do uso do solo. **Ciência**, v. 319, n. 5867, 1238-1240, 2008.

SILVA, F. S. G.; MIGOT, B. C.; SILVA, F. C. da. A importância do bioetanol dentro do contexto brasileiro, comparação de sua síntese a partir de cana-de-açúcar e milho e bioetanol de segunda geração. **8ª Jornada Científica e Tecnológica da Fatec de Botucatu**. São Paulo, 2020.

SILVA, J. R.; CLEIN, C.; SMANIOTTO, E. A.; MUSSI DOS REIS, G.; DE OLIVEIRA ZANELLA, G. Crise na agroindústria canavieira a partir de 2008: causas e desafios. **Revista ADMPG**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2022. DOI: 10.5212/Admpg.v.12.21145.014.

SOUZA, R. R.; ERNESTO, T. C. R. A indústria 4.0 e a eficiência energética da produção de etanol no Brasil. 2020. 85f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.



VIDAL, Maria de Fátima. **Produção e uso de biocombustíveis no Brasil**. 2019.  
<https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/914/1>

## Capítulo 7

### A CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATÉRIA-PRIMA PARA PRODUTOS BIODEGRADÁVEIS E BIOPLÁSTICOS

Antônio Veimar da Silva<sup>1</sup>, Carla Michelle da Silva<sup>2</sup>, Lucilo José Morais de Almeida<sup>1</sup>,  
Neiliane Maria Silva Sousa<sup>3</sup>, Matheus de Andrade Borba<sup>1</sup>, Dhery Vital Teixeira<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia-PB, e-mail: [veimar74185@gmail.com](mailto:veimar74185@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa-UFV, Viçosa-MG

<sup>3</sup>Universidade Estadual do Piauí- UESPI, Picos-PI

<sup>4</sup>Orbis Educação, Manhuaçu – MG.

#### INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma planta de grande importância econômica e ambiental. Ela é utilizada na produção de açúcar, álcool, etanol e outros produtos. Nos últimos anos, a cana-de-açúcar tem sido explorada como matéria-prima para a produção de produtos biodegradáveis e bioplásticos (BRASIL, 2023).

O contexto da utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima para produtos biodegradáveis e bioplásticos é o da crescente preocupação com a preservação do meio ambiente. Os produtos biodegradáveis são aqueles que se decompõem naturalmente, sem causar danos ao meio ambiente. Os bioplásticos são plásticos produzidos a partir de matérias-primas renováveis, como a cana-de-açúcar (SILVA *et al.*, 2021).

A cana-de-açúcar apresenta diversas vantagens como matéria-prima para produtos biodegradáveis e bioplásticos. Ela é uma planta renovável, que pode ser cultivada sem esgotar os recursos naturais. Além disso, a cana-de-açúcar é uma fonte de biomassa abundante, o que significa que existe uma grande quantidade disponível para a produção de produtos biodegradáveis e bioplásticos (CARVALHO *et al.*, 2022).

A utilização da cana-de-açúcar como matéria-prima para produtos biodegradáveis e bioplásticos apresenta diversos benefícios ambientais, como a redução da produção de

resíduos sólidos e da poluição. No entanto, também existem alguns desafios que precisam ser superados para que essa alternativa seja viável em grande escala.

Ainda são necessários estudos para melhorar as propriedades dos produtos biodegradáveis e bioplásticos produzidos a partir da cana-de-açúcar, como a resistência mecânica, a durabilidade e a biodegradabilidade. Além disso, é necessário desenvolver novas tecnologias para a produção desses produtos de forma mais eficiente e sustentável. Levando em consideração tal afirmação vem o questionamento: Como melhorar as propriedades dos produtos biodegradáveis e bioplásticos produzidos a partir da cana-de-açúcar, de acordo com a literatura científica? Há meios na literatura vigente para resolver tais problemas?

A maioria dos estudos sobre a melhoria das propriedades dos produtos biodegradáveis e bioplásticos produzidos a partir da cana-de-açúcar se concentra em melhorar a resistência mecânica e a biodegradabilidade. No entanto, há uma lacuna de pesquisa sobre a melhoria de outras propriedades importantes, como a durabilidade e a processabilidade.

A resistência mecânica é importante para garantir que os produtos biodegradáveis e bioplásticos sejam capazes de suportar as cargas e pressões a que serão submetidos durante o uso. A biodegradabilidade é importante para garantir que os produtos biodegradáveis e bioplásticos se decomponham naturalmente, sem causar danos ao meio ambiente.

A durabilidade é importante para garantir que os produtos biodegradáveis e bioplásticos mantenham suas propriedades por um período de tempo adequado. A processabilidade é importante para garantir que os produtos biodegradáveis e bioplásticos possam ser produzidos de forma eficiente e econômica.

O objetivo dessa pesquisa bibliográfica é analisar a literatura científica sobre a melhoria das propriedades dos produtos biodegradáveis e bioplásticos produzidos a partir da cana-de-açúcar.

## **METODOLOGIA**

A pesquisa é de cunho qualitativo, descritivo, sistemático e bibliográfico. As metodologias de cunho qualitativo, descritivo, sistemático e bibliográfico são utilizadas

em pesquisas científicas para coletar, analisar e interpretar dados. Cada uma dessas metodologias tem suas próprias características e aplicações específicas.

A metodologia qualitativa é utilizada para coletar e analisar dados não numéricos, como opiniões, crenças, atitudes e comportamentos. Essa metodologia é adequada para pesquisas que buscam compreender o significado de fenômenos sociais ou culturais com foco na análise de conteúdo. "A metodologia qualitativa é utilizada para coletar e analisar dados não numéricos, como opiniões, crenças, atitudes e comportamentos" (GIL, 2019, p. 169).

A metodologia descritiva é utilizada para descrever características ou fenômenos de forma objetiva e imparcial. Essa metodologia é adequada para pesquisas que buscam descrever o que é ou como algo funciona. "A metodologia descritiva é utilizada para descrever características ou fenômenos de forma objetiva e imparcial" (MARTINS; THEÓPHILO, 2017, p. 109).

A metodologia sistemática é utilizada para coletar e analisar dados de forma organizada e sistemática. Essa metodologia é adequada para pesquisas que buscam sintetizar o conhecimento existente sobre um determinado tema. "A metodologia sistemática é utilizada para coletar e analisar dados de forma organizada e sistemática" (GIL, 2019, p. 213).

A metodologia bibliográfica é utilizada para coletar e analisar dados de fontes bibliográficas, como livros, artigos científicos, relatórios técnicos e outros documentos. Essa metodologia é adequada para pesquisas que buscam compreender o estado da arte de um determinado tema. "A metodologia bibliográfica é utilizada para coletar e analisar dados de fontes bibliográficas, como livros, artigos científicos, relatórios técnicos e outros documentos" (MARTINS; THEÓPHILO, 2017, p. 135).

O universo da pesquisa científica do presente artigo é o conjunto de todos os artigos científicos publicados em periódicos científicos indexados em bases de dados reconhecidas, que abordem esse tema.

Para isso foi determinado os critérios de inclusão e exclusão para a escolha soa artigos a serem usados nesta pesquisa. O critério de inclusão utilizado na presente pesquisa foi artigo publicados em períodos indexados no Google Acadêmico e que apresentassem estudo sobre a melhoria das propriedades de produtos biodegradáveis e bioplásticos produzidos a partir da cana-de-açúcar. O critério de exclusão foram sites, e trabalho que não eram pesquisa científicas e que não eram gratuitos.

Na busca criteriosa no Google Acadêmico, foi utilizado palavras-chave relevantes para o tema da pesquisa, como "cana-de-açúcar", "biodegradável", "bioplástico", "propriedades" e "melhoramento", sendo encontrado 128 artigos no total. Destes, após leitura crítica de cada trabalho, foram excluídas as que não condizia com o tema, o problema de pesquisa e o objetivo do trabalho, ficando 11 artigos selecionados para o referencial teórico da presente pesquisa.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar**

A discussão sobre bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar evoluiu nos últimos anos em três principais frentes que são: desenvolvimento de novas tecnologias de produção, ampliação da gama de aplicações e Superação de desafios.

Na frente, desenvolvimento de novas tecnologias de produção: As obras mostram que houve avanços significativos no desenvolvimento de novas tecnologias de produção de bioplásticos e biodegradáveis a partir de cana-de-açúcar. Por exemplo, a obra de Barrameda et al. (2023) apresenta uma nova técnica de pré-tratamento de bagaço de cana-de-açúcar que permite aumentar a produção de biopolímeros biodegradáveis.

A obra de Naheed e Jamil (2014) é um dos primeiros estudos a reportar a produção de bioplásticos a partir de cana-de-açúcar. Os autores utilizaram melaço de cana-de-açúcar como fonte de carbono e energia para a produção de polihidroxialcanoatos (PHAs), uma classe de biopolímeros biodegradáveis.

Nos anos seguintes, houve avanços significativos no desenvolvimento de novas tecnologias de produção de bioplásticos e biodegradáveis a partir de cana-de-açúcar. Por exemplo, a obra de Magesh *et al.* (2022) utiliza a metodologia de resposta à superfície (RSM) para otimizar a produção de bioplástico a partir de resíduos de biocombustíveis. A obra de Siripurapu *et al.* (2022) utiliza uma bactéria marinha para produzir polihidroxibutirato (PHB), um biopolímero biodegradável com propriedades mecânicas semelhantes ao polietileno.

Essas novas tecnologias de produção estão tornando a produção de bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar mais eficiente e econômica. Isso pode contribuir para a ampliação da escala de produção desses materiais e para a redução do seu custo.

Na frente, ampliação da gama de aplicações: As obras também mostram que a gama de aplicações de bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar está se ampliando. Por exemplo, a obra de Vasconcelos *et al.* (2021) apresenta um recipiente biodegradável multifuncional feito de bagaço de cana-de-açúcar.

As obras apresentadas mostram que a gama de aplicações de bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar está se ampliando. Por exemplo, a obra de Mascarenhas (2019) destaca a potencial aplicação de bioplásticos em embalagens, produtos descartáveis e itens de uso pessoal.

A obra de Vasconcelos *et al.* (2021) apresenta um recipiente biodegradável multifuncional feito de bagaço de cana-de-açúcar. O recipiente pode ser usado para armazenar alimentos, bebidas e outros produtos. Ele também pode ser usado como fertilizante ou como matéria-prima para a produção de outros bioplásticos.

Essas novas aplicações de bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar estão contribuindo para aumentar a sua aceitação por parte dos consumidores e dos setores produtivos.

Já a frente, superação de desafios: As obras também discutem os desafios que ainda precisam ser superados para a ampla adoção de bioplásticos e de biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar. Por exemplo, a obra de Barbato e Pamplona (2022) destaca os desafios econômicos e logísticos associados à produção e comercialização desses materiais.

As obras apresentadas também discutem os desafios que ainda precisam ser superados para a ampla adoção de bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar. Por exemplo, a obra de Barbato e Pamplona (2022) destaca os desafios econômicos e logísticos associados à produção e comercialização desses materiais.

Os bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar ainda são mais caros do que os plásticos convencionais feitos a partir de petróleo. Além disso, a logística de distribuição desses materiais pode ser complexa, pois eles precisam ser produzidos perto dos locais de consumo para evitar a degradação.

A superação desses desafios é fundamental para a ampla adoção de bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar.

## **Tipos, Conceitos e Definições sobre bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar**

De acordo com as obras escolhidas, os principais conceitos e definições sobre bioplásticos e biodegradáveis feitos a partir de cana-de-açúcar são os seguintes:

**Cana-de-açúcar:** É uma planta fina, fibrosa e cilíndrica, com folhas longas e que pode chegar até seis metros de altura. Ela pertence à família das gramíneas. É uma fonte renovável de matéria-prima para a produção de diversos produtos, como melaço, rapadura, rum, cachaça, bagaço e em especial, bioplásticos (MAGESH *et al.*, 2022).

**Bioplásticos:** são materiais poliméricos produzidos a partir de fontes biológicas renováveis, como plantas, microorganismos e resíduos biodegradáveis. Podem ser biodegradáveis ou não. Esses materiais visam oferecer alternativas mais sustentáveis aos plásticos tradicionais derivados de recursos não renováveis, como petróleo (NAHIED; JAMIL, 2014).

**Biodegradáveis:** São plásticos que podem ser degradados por microrganismos, como bactérias e fungos. Uma característica importante dos bioplásticos é a capacidade de se degradarem biologicamente. Isso significa que, sob certas condições ambientais, microorganismos podem decompor esses materiais em componentes mais simples, como água, dióxido de carbono e biomassa. (BARRAMEDA *et al.*, 2023).

Os bioplásticos feitos a partir de cana-de-açúcar podem ser divididos em dois principais tipos:

Os bioplásticos de primeira geração são polímeros produzidos a partir de fontes renováveis, como a cana-de-açúcar que já são utilizadas na indústria, como o etanol e o açúcar. Eles podem ser biodegradáveis, o que significa que se degradam em água, CO<sub>2</sub> e biomassa (SIRIPURAPU *et al.*, 2022)

Os bioplásticos de primeira geração podem ser produzidos a partir de cana-de-açúcar, capturando CO<sub>2</sub> e auxiliando na redução da emissão de gases de efeito estufa. Por exemplo, o polietileno feito a partir do etanol de cana-de-açúcar possui propriedades físicas e químicas semelhantes ao polietileno convencional feito a partir de matéria-prima fóssil. Isso significa que não é possível perceber a diferença entre os dois plásticos através da análise visual, já que são iguais em cor, aparência e textura. Além disso, o etanol da cana-de-açúcar passa por um processo de desidratação, formando o etanol que é polimerizado, resultando no polietileno.

Os bioplásticos de segunda geração são biomateriais produzidos a partir de matérias-primas renováveis, como resíduos agrícolas e biomassa, em vez de matérias-primas alimentares. São produzidos a partir de matérias-primas da cana-de-açúcar que não são utilizadas na indústria, como o bagaço e a palha (ALRUQI; SHARMA, 2023). Eles são projetados para serem biodegradáveis e não apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente. Além disso, os bioplásticos de segunda geração geralmente não são produzidos a partir de materiais primários geneticamente modificados (OGM), o que é um aspecto importante para aqueles que buscam produtos sustentáveis e éticos.

Os bioplásticos de segunda geração apresentam diversas vantagens em comparação com os bioplásticos de primeira geração: a) Eles são produzidos a partir de matérias-primas não alimentares, o que reduz a concorrência na produção de alimentos e a pressão sobre os recursos naturais; b) Esses bioplásticos podem ser biodegradáveis em um curto período de tempo, contribuindo para a redução da poluição plástica e melhoria da qualidade do meio ambiente; c) A produção de bioplásticos de segunda geração geralmente requer menos recursos e energia em comparação com os bioplásticos de primeira geração, o que pode reduzir os custos de produção e aumentar a previsão econômica desses materiais; d) Os bioplásticos de segunda geração podem ser facilmente processados e combinados com outros materiais, como polímeros sintéticos, para criar produtos com propriedades e funcionalidades específicas.

No entanto, os bioplásticos de segunda geração ainda enfrentam desafios, como o preço mais alto em comparação com os plásticos convencionais e a necessidade de melhorar ainda mais a infraestrutura de reciclagem e a conscientização sobre a importância de reduzir o consumo de plásticos não biodegradáveis.

A produção de bioplásticos feitos a partir de cana-de-açúcar pode ser realizada por diferentes processos, dependendo do tipo de bioplástico desejado. Os principais processos são: **Polímeros de ácido láctico (PLA)**: O PLA é um poliéster que pode ser produzido a partir da fermentação de açúcares da cana-de-açúcar (SANGTHANI *et al.*, 2023); **Polímeros de polihidroxialcanoatos (PHA)**: Os PHAs são poliésteres produzidos por bactérias. Podem ser produzidos a partir de bagaço de cana-de-açúcar (MASCARENHAS, 2019); **Polímeros de amido**: O amido é um polissacarídeo que pode ser produzido a partir da cana-de-açúcar. Pode ser utilizado para produzir bioplásticos por diferentes processos, como moldagem por injeção, extrusão e sopro (VASCONCELOS *et al.*, 2021).



Os bioplásticos feitos a partir de cana-de-açúcar apresentam uma série de vantagens em relação aos plásticos convencionais, como: São produzidos a partir de fontes renováveis, não contribuindo para o aumento das emissões de gases de efeito estufa (BARBATO; PAMPLONA, 2022); São biodegradáveis, podendo ser degradados por microrganismos, evitando a poluição ambiental (LILIANA *et al.*, 2022); Podem ser utilizados em diferentes aplicações, como embalagens, utensílios domésticos e produtos industriais (LOUREIRO, 2021).

No entanto, os bioplásticos feitos a partir de cana-de-açúcar também apresentam alguns desafios, como: Ainda são relativamente caros em comparação aos plásticos convencionais (BARBATO; PAMPLONA, 2022); A produção em escala industrial ainda é pequena, o que limita a sua disponibilidade (LILIANA *et al.*, 2022), além da necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias para melhorar as propriedades dos bioplásticos, como resistência e durabilidade.

Os bioplásticos feitos a partir de cana-de-açúcar são uma alternativa promissora para a redução da poluição ambiental e o desenvolvimento de uma economia mais sustentável. No entanto, ainda são necessários investimentos em pesquisa e desenvolvimento para superar os desafios que impedem a sua ampla difusão.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise das obras selecionadas evidencia uma evolução significativa na discussão sobre bioplásticos e biodegradáveis derivados da cana-de-açúcar, abrangendo três áreas cruciais: desenvolvimento de tecnologias, ampliação de aplicações e superação de desafios.

As obras revisadas destacam avanços notáveis nas tecnologias de produção de bioplásticos e biodegradáveis a partir da cana-de-açúcar. Inovações, como o método de pré-tratamento do bagaço demonstram um progresso significativo. Trabalhos pioneiros, introduziram a produção de bioplásticos utilizando melado de cana-de-açúcar como fonte de carbono, impulsionando subseqüentes pesquisas.

A aplicação de técnicas como a metodologia de resposta à superfície (RSM), e o uso de bactérias marítimas para a produção de polihidroxibutirato (PHB) evidenciam a diversidade e a sofisticação das abordagens para otimizar a produção desses materiais.

O desenvolvimento dessas novas tecnologias não apenas aprimora a eficiência e a economia da produção, mas também contribui para a viabilidade comercial e a expansão da escala de produção dos bioplásticos e biodegradáveis de cana-de-açúcar.

A evolução na discussão também destaca uma ampliação significativa nas aplicações dos bioplásticos e biodegradáveis derivados da cana-de-açúcar. Exemplos notáveis incluem a criação de recipientes biodegradáveis multifuncionais e a consideração de aplicações em embalagens, produtos descartáveis e itens pessoais.

O estudo de novas aplicações, não apenas diversifica o mercado para esses materiais, mas também ressalta a versatilidade e a adaptabilidade dos bioplásticos e biodegradáveis de cana-de-açúcar em várias indústrias.

Essa ampliação de aplicações contribui para a aceitação crescente desses materiais por parte dos consumidores e dos setores produtivos, promovendo uma transição sustentável.

Contudo, as obras também ressaltam desafios a serem superados para uma adoção mais ampla dos bioplásticos e biodegradáveis de cana-de-açúcar. Aspectos econômicos e logísticos, são destacados como desafios fundamentais associados à produção e comercialização desses materiais.

A complexidade da logística de distribuição, a necessidade de produção próxima aos centros de consumo para evitar a degradação e os custos ainda superiores em relação aos plásticos convencionais são questões que demandam soluções para uma adoção mais ampla.

A superação desses desafios é crucial para consolidar os bioplásticos e biodegradáveis de cana-de-açúcar como alternativas economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

A cana-de-açúcar emerge como uma fonte renovável crucial, fornecendo melaço, bagaço e outros resíduos que servem como base para a produção de bioplásticos. Sua utilização contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e a promoção de uma economia sustentável.

A distinção entre bioplásticos de primeira e segunda geração foi claramente delineada. Enquanto os primeiros são derivados de fontes alimentares, como o etanol da cana-de-açúcar, os segundos são produzidos a partir de resíduos agrícolas não destinados à alimentação, como bagaço e palha.

Os métodos de produção incluem polímeros de ácido láctico (PLA) obtidos pela fermentação de açúcares, polímeros de polihidroxialcanoatos (PHA) produzidos por bactérias a partir do bagaço, e polímeros de amido, utilizando o amido extraído da cana-de-açúcar.

As vantagens, como a origem renovável, a biodegradabilidade e a versatilidade de aplicações, foram destacadas, mas os desafios, como custos elevados e a necessidade de infraestrutura de reciclagem aprimorada, também foram reconhecidos.

Em última análise, apesar do progresso notável, a implementação abrangente dos bioplásticos e biodegradáveis de cana-de-açúcar demanda contínuos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, visando superar desafios e solidificar sua posição como uma alternativa ambientalmente sustentável.

Em síntese, a discussão em torno dos bioplásticos e biodegradáveis de cana-de-açúcar avançou de forma significativa, trazendo à tona inovações tecnológicas, novas aplicações e desafios a serem superados. O caminho em direção a uma economia mais sustentável baseada em materiais renováveis está delineado, demandando esforços contínuos para alcançar sua plena materialização.

## REFERENCIAS

ALRUQI, Mansoor; SHARMA, Prabhakar. Biomethane Production from the Mixture of Sugarcane Vinasse, Solid Waste and Spent Tea Waste: A Bayesian Approach for Hyperparameter Optimization for Gaussian Process Regression. **Fermentation**, v. 9, n. 2, p. 120, 2023.

BARBATO, A. G.; PAMPLONA, J. B. Os desafios para a difusão dos bioplásticos no Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 365-390, 2022.

BARRAMEDA, H. J. C. et al. Hydrolysate production from sugarcane bagasse using steam explosion and sequential steam explosion-dilute acid pretreatment for polyhydroxyalkanoate fermentation. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 30, p. 100376, 2023.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Agricultura Familiar. **A cana-de-açúcar e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: MAPA, 2023.

CARVALHO, M. A. F.; SILVA, J. L.; PEREIRA, G. A.; OLIVEIRA, L. A. Potencial da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de bioplásticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 2, p. 124-130, 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. (7a ed.). São Paulo: Atlas, 2019.

LILIANA, Q. C. B. et al. Investigación de plásticos biodegradable a partir de residuos celulósicos de caña de azúcar: Pesquisa sobre plásticos biodegradáveis a partir de resíduos celulósicos de cana de açúcar. **Studies In Environmental And Animal Sciences**, v. 3, n. 3, p. 729-743, 2022.

LOUREIRO, A. O. **Bioplásticos e plásticos biodegradáveis: revisão bibliográfica dos principais materiais e seus impactos ambientais**. 2021.

MAGESH, A. et al. Optimization and production of bioplastic from bio waste using response surface methodology (RSM). **Environmental Quality Management**, v. 32, n. 1, p. 179-190, 2022.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da pesquisa científica**. (8a ed.). São Paulo: Atlas, 2017.

MASCARENHAS, J. M. G. A. Bioplásticos e plásticos biodegradáveis surfando a sexta onda: um estudo sobre a ecoeficiência. **Revista Valore**, v. 4, p. 133-142, 2019.

NAHEED, N.; JAMIL, N.. Optimization of biodegradable plastic production on sugar cane molasses in *Enterobacter* sp. SEL2. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, p. 417-426, 2014.

SANGTANI, R. et al. Systematizing Microbial Bioplastic Production for Developing Sustainable Bioeconomy: Metabolic Nexus Modeling, Economic and Environmental Technologies Assessment. **Journal of Polymers and the Environment**, p. 1-20, 2023.

SILVA, A. A.; PEREIRA, A. S.; CARVALHO, M. A. F. Cana-de-açúcar: uma fonte renovável para a produção de bioplásticos. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 19, n. 1, p. 15-20, 2021.

SIRIPURAPU, A. et al. Production and characterization of biodegradable polymer-polyhydroxybutyrate from agricultural waste-sugarcane bagasse by the novel marine

bacterium *Klebsiella pneumoniae* G1. **Bioresource Technology Reports**, v. 20, p. 101268, 2022.

VASCONCELOS, C. R. S.; PIOLA, E. H. T.; MELO JÚNIOR, T. A. **Produção de recipiente biodegradável multifuncional, usando bagaço de cana-de-açúcar como alternativa sustentável**. 2021.

## *Capítulo 8*

### **A IMPORTÂNCIA DOS MACRO E MICRONUTRIENTES PARA A PRODUÇÃO DE SEMENTE DE QUALIDADE**

Carla Michelle da Silva<sup>1</sup>, Antônio Veimar da Silva<sup>2</sup>, Bruno Antônio Lemos de Freitas<sup>1</sup>, Sidney Saymon Cândido Barreto<sup>2</sup>, Karoline de Souza Flores<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, e-mail: [carla.mic@hotmail.com](mailto:carla.mic@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia-PB

<sup>3</sup>Orbis Educação, Manhuaçu – MG

#### **INTRODUÇÃO**

A importância dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade ocorre no contexto da agricultura. A agricultura é uma atividade econômica que depende da produção de sementes de qualidade para garantir o sucesso da produção de alimentos.

A agricultura é uma das principais atividades econômicas do Brasil, representando cerca de 20% do PIB nacional. O país é um dos maiores produtores e exportadores de alimentos do mundo.

As sementes são os órgãos reprodutivos das plantas e são responsáveis pela propagação das espécies vegetais. As sementes de qualidade devem apresentar alto vigor, germinação e uniformidade. Essas características são essenciais para garantir o estabelecimento da cultura e o início da produção (FERNANDES, 2019).

A produção de sementes de qualidade é fundamental para o sucesso da agricultura. Sementes de boa qualidade são aquelas que apresentam alto vigor, germinação e uniformidade. Essas características são essenciais para garantir o estabelecimento da cultura e o início da produção.

Os macronutrientes e micronutrientes são nutrientes essenciais para a vida das plantas e desempenham um papel importante no desenvolvimento das sementes. Os macronutrientes, como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, são necessários em grandes

quantidades e são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das sementes. Os micronutrientes, como o cálcio, o magnésio, o enxofre, o ferro, o manganês, o cobre, o zinco, o boro e o molibdênio, são necessários em pequenas quantidades, mas desempenham um papel importante em diversos processos fisiológicos, incluindo a divisão celular, a formação da parede celular, o desenvolvimento reprodutivo e a resistência a doenças (SOUZA, 2023).

A deficiência de nutrientes pode causar problemas no desenvolvimento das sementes, incluindo redução da germinação, do vigor e da uniformidade. A deficiência de macronutrientes, como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, pode causar redução do tamanho das sementes, da massa seca e da produtividade da cultura. A deficiência de micronutrientes, como o cálcio, o magnésio, o enxofre, o ferro, o manganês, o cobre, o zinco, o boro e o molibdênio, pode causar problemas na formação da parede celular, no desenvolvimento reprodutivo e na resistência a doenças.

Os macronutrientes e micronutrientes são essenciais para a produção de sementes de qualidade. No entanto, ainda não há consenso na literatura sobre a importância relativa desses nutrientes para a produção de sementes. E por isso vem a indagação: Qual é a importância relativa dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade?

Buscaremos responder esses questionamentos no decorrer da pesquisa com autores renomado na área de sementes e na qualidade de sementes com o olhar nos marcos e micronutrientes.

Portanto, a importância dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade ocorre no contexto da agricultura, pois esses nutrientes são essenciais para o desenvolvimento das sementes e para garantir o sucesso da produção de alimentos.

A literatura existente sobre a importância dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes é limitada. A maioria dos estudos se concentra em um ou poucos nutrientes, dificultando a comparação entre os efeitos de diferentes nutrientes.

Este estudo é relevante para a agricultura brasileira, pois pode contribuir para o desenvolvimento de tecnologias para a produção de sementes de qualidade. Por esse motivo, o objetivo deste estudo é avaliar a importância relativa dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Sementes com elevado potencial são destacadas devido ao seu desenvolvimento morfológico e fisiológico bem pronunciado. Isso é amplamente atribuído a um manejo nutricional eficiente no campo, o que promove o desenvolvimento completo das sementes. A nutrição adequada das plantas destinadas à produção de sementes inicia-se com a Correção do solo por meio de análises, assegurando a disponibilidade dos nutrientes essenciais nos momentos cruciais do desenvolvimento fenológico das culturas (FERNANDES, 2019).

O manejo nutricional das plantas desempenha um papel crucial no tamanho, peso e probabilidade das sementes, características intrinsecamente ligadas à sua comercialização e qualidade fisiológica (SOUZA, 2023). A qualidade das sementes está intrinsecamente ligada às condições ambientais e nutricionais da planta-mãe, fatores que podem impactar diretamente a germinação e o vigor (OLIVEIRA, 2020; SANTOS, 2021). Uma planta planejada adubada apresenta capacidade de produzir uma quantidade maior de sementes de alta qualidade (SOUZA, 2022).

A adubação de base adequada é essencial, uma vez que os nutrientes precisam estar disponíveis nos estádios fenológicos que definem os componentes de rendimento. As adubações de cobertura com nitrogênio, potássio e micronutrientes, geralmente realizadas via foliar (adubo foliar) e a lanço (utilizando adubo granulado), são de extrema importância (SOUZA, 2023). Isso é particularmente crítico em culturas como milho e arroz. No milho, a aplicação de nitrogênio em cobertura parcelada entre os estádios V3, V8 e até V12 é crucial para a formação e comprimento da espiga, resultando em um maior número de sementes (SANTOS, 2021). Na cultura do arroz, a aplicação de nitrogênio no início do perfilhamento auxilia no aumento de perfilhos, conseqüentemente, gerando um maior número de panículas por planta.

A adubação parcelada pode ser complementada com a aplicação de fertilizantes foliares, promovendo a produção de sementes em campo com alta qualidade fisiológica e proporcionando uma elevada porcentagem de germinação no lote. A aplicação de macro e micronutrientes via foliar é uma alternativa viável e econômica para o setor de sementes, pois está associada à capacidade das folhas em absorver e translocar nutrientes para as sementes, evitando perdas pelo solo e gastos desnecessários (SOUZA, 2022). Portanto, a adubação foliar tem sido recomendada com o objetivo de manter ou aumentar



a quantidade de nutrientes nas folhas, principalmente no estágio fenológico de enchimento de grãos, representando uma alternativa de manejo nutricional que contribui para o aumento do rendimento e da qualidade das sementes.

A formação adequada das sementes requer a presença de todos os nutrientes essenciais. No âmbito do manejo nutricional para o setor de sementes, alguns nutrientes exigem maior atenção, a saber: nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), boro (B) e zinco (Zn). Esses elementos destacam-se pelos resultados positivos que são obtidos quando se busca uma maior qualidade fisiológica das sementes, como evidenciado na cultura do arroz. Contudo, é crucial ressaltar que a mera presença de um nutriente isoladamente não é suficiente para a formação de boas sementes; é necessário considerar um conjunto de fatores relacionados ao manejo da cultura, bem como o conhecimento do responsável pelo cultivo no campo. Deve-se atentar para a dose fornecida, o estágio de desenvolvimento, às necessidades nutricionais da planta e às condições ambientais que favorecem a disponibilidade dos nutrientes às plantas.

Dentro dos macronutrientes mencionados, o cálcio desempenha um papel fundamental na formação da estrutura celular da planta, intervindo na integridade da membrana plasmática, parede celular e na síntese de ácidos nucléicos e proteínas. O uso de calcário, uma das formas mais comuns entre os produtores, fornece cálcio e magnésio, equilibrando o pH e a saturação de bases não apenas. O cálcio se desloca pela planta via xilema, ao longo da corrente de transpiração, e também apresenta mobilidade limitada no floema. Este nutriente está associado ao crescimento do grão de pólen, assim como à formação e maturação de vagens e sementes. Em uma pesquisa realizada com a cultura do amendoim no Alabama, foi observado que a retenção de cálcio na camada de 0-8 cm do solo teve um impacto significativo na redução do peso e tamanho das sementes (SOUZA *et al.*, 2017).

Quanto ao magnésio, este macronutriente desempenha funções estruturais e reguladoras nas plantas. Ele atua como ativador de enzimas envolvidas em processos adversos, fotossintéticos e na síntese de DNA e RNA. Além disso, é um componente essencial da molécula da clorofila, desempenhando um papel crucial na fotossíntese (SOUZA; FERNANDES, 2016).

Embora haja poucos estudos dedicados à avaliação da qualidade fisiológica de sementes provenientes de plantas-mãe tratadas com magnésio, um experimento conduzido pela Universidade Sabanci, na Turquia, revelou que a concentração de amido

em sementes de trigo foi significativamente reduzida pela deficiência de magnésio, mas aumentado com o tratamento foliar de magnésio pós-antese. Observe-se ainda que sementes provenientes de plantas maternas deficientes nesse nutriente apresentavam vigor comprometido durante os processos de germinação e crescimento das plântulas (KAYA *et al.*, 2019).

Outro achado relevante foi que plantas com deficiência de magnésio, mesmo com fornecimento adequado de outros minerais, tiveram uma redução de 50% no rendimento de sementes. Isso indica que a deficiência de magnésio prejudica tanto a captação quanto a assimilação de nitrogênio, enquanto uma maior oferta de magnésio potencializa o uso de nitrogênio. No entanto, o efeito inverso foi distribuído na concentração de potássio nas sementes, que foi maior em condições de baixo fornecimento de magnésio (KAYA *et al.*, 2019).

A contribuição desempenha um papel crucial na formação e tamanho das flores, mas enfrenta limitações de lixiviação, que são gerenciadas por meio do parcelamento durante o cultivo. Esse manejo observa a aplicação em períodos cruciais para a definição dos componentes de rendimento, como é evidenciado nas culturas de milho e arroz. Nas leguminosas, como no caso da soja, o nitrogênio é fornecido por meio de fixação biológica realizada por bactérias, uma prática amplamente exigida pelos produtores (SOUZA *et al.*, 2017).

A aplicação tardia de adubação nitrogenada não resulta em aumento do rendimento de sementes, promovendo uma maior acumulação de reservas. A literatura apresenta estudos que indicam um aumento na qualidade fisiológica em níveis elevados de nitrogênio. No entanto, é importante destacar que o efeito oposto também pode ser apresentado em publicações que apontam que o aumento da adubação nitrogenada pode resultar na redução do vigor e no aumento de plântulas anormais. Esses resultados indicam que o efeito desse nutriente na qualidade fisiológica das sementes é variável e requer uma compreensão mais aprofundada, especialmente quando se considera a adubação tardia (SOUZA *et al.*, 2019).

O nitrogênio contribui positivamente para a produtividade e desempenha um papel vital nos processos bioquímicos da planta, sendo um constituinte essencial de proteínas, enzimas, ácidos nucléicos e clorofila, todos indispensáveis para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Durante fases críticas, como florescimento e formação da

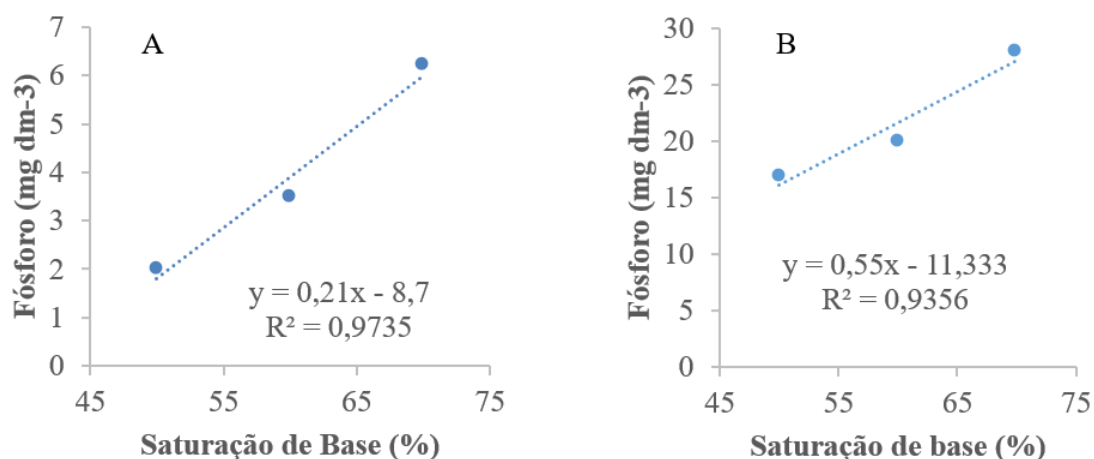
semente, a demanda por esse nutriente é elevada. Quando fornecidas de forma eficaz, as sementes produzidas apresentam um maior potencial de armazenamento.

Apesar dos benefícios, a aplicação de nitrogênio também pode afetar o tamanho das plantas, promovendo seu crescimento e, conseqüentemente, aumentando o risco de acamamento e redução da produção. Um estudo realizado pelo Instituto Agrônomo do Pará (IAPAR) demonstrou que a aplicação de um retardador de crescimento, associado a diferentes níveis de nitrogênio, elevou a produtividade de sementes em Mauá da Serra. Esse resultado está relacionado à redução do tamanho e às alterações na arquitetura da planta, favorecendo a utilização eficiente dos recursos ambientais, especialmente a radiação solar, crucial na produção de fotoassimilados direcionados para as sementes (SILVA; SOUZA, 2022).

Quanto ao fósforo, essencial na formação de raízes e na produção de ATP, geralmente é aplicado na fundação ou no momento da semeadura, de uma só vez, devido à sua baixa mobilidade. Desempenha um papel crítico na divisão celular, no crescimento do caule e no sistema radicular, bem como nos processos reprodutivos e no metabolismo geral da planta, incluindo fotossíntese, respiração e síntese de compostos (SOUZA *et al.*, 2017).

A escassez de fósforo nos solos restringe o desenvolvimento das plantas, podendo conseqüentemente diminuir o tamanho, a quantidade, a probabilidade e o vigor das sementes. Em determinadas espécies, o vigor das sementes desempenha um papel crucial no seu potencial de armazenamento e no desempenho no campo, impactando o estabelecimento e o crescimento da planta, a uniformidade do trabalho e, por conseguinte, a sua produtividade.

Um experimento conduzido na cidade de Bom Jesus, no estado do Piauí, visa compreender a relação entre a saturação de base (50%, 60% e 70%) e a aplicação e disponibilidade de fósforo na cultura da soja, avaliando seu impacto no aumento da produção de sementes por planta. Nesse estudo, observou-se que conforme a saturação de base aumenta, a disponibilidade de fósforo também aumenta (Figura 1). Além disso, ao aplicar a dose recomendada para a cultura, fornece-se um aumento no número de sementes por planta. Desta maneira, registrou-se um crescimento de 26,9% na saturação de base a 70%, em comparação com a saturação de base a 50% (MEDEIROS *et al.*, 2022).



**Figura 2.** Comportamento do fósforo no solo com o aumento da saturação por bases em casa de vegetação (Figura 2A) e em campo (Figura 2B).

O potencial desempenha uma função crucial nas sementes, especialmente em relação à sanidade. Geralmente, esse macronutriente é gerenciado devido à sua propensão à lixiviação, sendo aplicado no momento da semeadura e em parcelas via adubação a lanço de misturas ou por meio de adubação foliar. Pesquisas destacam os efeitos das doses de potássio na produtividade de sementes. Em um estudo no Cerrado piauiense com soja, observou-se que a aplicação parcelada de K em diferentes épocas não afetou o peso das sementes, mas teve efeitos significativos no rendimento de sementes e no número de vagens no terço médio superior da planta. Para o rendimento, a dose ideal foi de 105,67 Kg ha<sup>-1</sup> de KCl, enquanto para o número de vagens, 109 Kg ha<sup>-1</sup> administrados na semeadura apresentaram os melhores resultados. Em uma pesquisa com milho em Areia – PB, a aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de K na semeadura e no estágio V5 aumentou a produtividade e teve efeitos positivos no diâmetro da espiga, no número e peso das sementes.

A compreensão precisa da dose e do período de aplicação do potássio é crucial, pois esse nutriente desempenha várias funções prejudicadas nas plantas, incluindo ativação de enzimas associadas à respiração e fotossíntese, controle da turgidez celular, transpiração, transporte de carboidratos e aumento da resistência ao acamamento, entre outros processos relacionados à qualidade dos produtos agrícolas, como as sementes.

O boro desempenha um papel essencial em diversos processos metabólicos, incluindo a síntese e transporte de fotoassimilados, funcionamento de membranas, síntese de ácidos nucléicos e proteínas, e regulação do ciclo celular. Junto com o cálcio, é

fundamental para o crescimento do tubo político e o desenvolvimento e germinação do grão de pólen. O boro favorece a colagem das flores e, conseqüentemente, a formação de sementes nas plantas. No entanto, é necessário ter cuidado com a fertilização de boro, pois a relação deficiência/toxicidade nas plantas é estreita em comparação com a aplicação de outros nutrientes. O uso inadequado pode comprometer significativamente a produção, levando ao aborto de flores e à formação de sementes.

O zinco, micronutriente essencial para cerca de 200 enzimas, atua como cofator funcional, estrutural ou regulador, envolvendo-se nas proteínas de proteínas e carboidratos, bem como na regulação de ácidos nucléicos, açúcares e metabolismo de lipídeos. A aplicação de zinco via foliar aumenta o peso e o número de sementes, promovendo um aumento na atividade fotossintética e elevando a quantidade de fotossintéticos que serão direcionados aos órgãos reprodutivos. Isso resulta em sementes bem formadas, com melhores previsões e vigor.

A seguir encontra-se uma tabela resumo dos nutrientes citados nesse artigo, mostrando sua mobilidade, absorção, as principais funções e deficiências de cada nutriente.

**Tabela 1.** Nutrientes, sua mobilidade, absorção, principais funções e sintomas de deficiências

Nutrientes	Mobilidade	Absorção	Principais Funções	Sintomas de deficiência
Nitrogênio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	• Móvel	• Transporte ativo por meio de uma proteína carregadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituinte de componentes da célula vegetal (aminoácido, proteínas e ácidos nucleicos);</li> <li>• Participa na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular;</li> <li>• Responsável pelo perfilhamento.</li> <li>• Aumenta proteína nos grãos e ajuda na absorção de Ca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clorose em folhas velhas;</li> <li>• Dormência das gemas laterais</li> <li>• Redução do perfilhamento</li> <li>• Senescência precoce em folhas menores</li> </ul>

<p>Fósforo H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Móvel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contra o gradiente de concentração</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituinte estrutural (DNA e RNA);</li> <li>• Armazenamento e transferência de energia (molécula de ATP);</li> <li>• Respiração (mitocôndria);</li> <li>• Fotossíntese;</li> <li>• Participa de vias biossintéticas;</li> <li>• Armazenado no vacúolo para regular homeostase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não ocorre divisão celular;</li> <li>• Redução do crescimento da planta;</li> <li>• Coloração verde escuro nas folhas;</li> <li>• Dormência das gemas laterais</li> <li>• Redução da área foliar, frutos e sementes.</li> </ul>
<p>Potássio K<sup>+</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Móvel no solo</li> <li>• Alta mobilidade na planta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorção por difusão (em resposta a um gradiente) e fluxo de massa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutralização de cargas</li> <li>• Manutenção do pH em células e tecidos;</li> <li>• Ativador enzimático</li> <li>• Atua na fotossíntese</li> <li>• Favorece produção de ATP</li> <li>• Atua na regulação do potencial osmótico das células;</li> <li>• Regula translocação de nutrientes na planta</li> <li>• Favorece transporte e armazenamento de carboidratos</li> <li>• Incrementa absorção de N e síntese proteica</li> <li>• Participa da síntese de amido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clorose da borda para o centro em folhas velhas, seguida por necrose;</li> <li>• Diminuição da fotossíntese e da respiração;</li> <li>• Redução do crescimento, da dominância apical e do tamanho dos frutos;</li> <li>• A deficiência influencia o aparecimento de pragas e doenças.</li> </ul>
<p>Cálcio Ca<sup>2+</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixa mobilidade na planta, imóvel na folha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chega a raiz por fluxo de massa e é absorvido passivamente, concentração menor a 0.05 cmolc é</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabilidade da parede celular;</li> <li>• Ativador enzimático e do mecanismo de defesa;</li> <li>• Mensageiro secundário;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limita o crescimento radicular;</li> <li>• Escurece e apodrece as raízes;</li> <li>• Clorose e necrose em</li> </ul>

		absorvido ativamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ATPase membrana;</li> <li>• Retarda senescência e melhora o funcionamento da membrana;</li> <li>• Estimula a liberação de P e o crescimento do tubo polínico</li> <li>• Favorece o pegamento de vagem;</li> <li>• Participa da divisão celular.</li> </ul>	da e da	folhas novas, da margem para o centro; •Podridão apical;
Magnésio Mg <sup>2+</sup>	• Móvel	• Absorção por mecanismo de contato ion raiz e por transporte passivo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Componente da clorofila</li> <li>• Ativador enzimático</li> <li>• Co-fator de enzimas fosforilativas</li> <li>• Participa da síntese de ATP</li> <li>• Carregador de P</li> </ul>	da de da	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afeta a síntese de ATP, carboidrato, lipídios e proteínas na atividade da protease</li> <li>• Inibe fixação de CO<sub>2</sub>;</li> <li>• Clorose em folha velha, internerval e no limbo</li> <li>• Cor amareladas ou brancas;</li> </ul>
Boro H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Móvel no solo</li> <li>• Móvel no xilema</li> <li>• Imóvel no floema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absorção ativamente e passivamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alongamento celular;</li> <li>• Síntese de ácidos nucleicos;</li> <li>• Resposta hormonal;</li> <li>• Translocação de açúcares</li> <li>• Regulação do ciclo celular;</li> <li>• Funcionamento das membranas;</li> <li>• Interfere na absorção e metabolismo de cátions</li> <li>• Participa do florescimento (crescimento do</li> </ul>	de do do do	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminui atividade da ATPase;</li> <li>• Deficiência de folhas novas e regiões de crescimento;</li> <li>• Necrose das folhas jovens e gemas terminais;</li> <li>• Rachaduras no caule;</li> <li>• Frutos, raízes carnosos e tubérculos podem apresentar</li> </ul>

			tubo polínico, necrose ou frutificação) anormalidade
			• Aumenta absorção de P, Cl e K (radicular)
Zinco Zn <sup>2+</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Móvel na planta;</li> <li>• Imóvel no solo</li> </ul>	• Absorvido ativamente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constituinte de enzimas desidrogenases;</li> <li>• Participa da ativação da enzima triptofano-desidrogenase (glicólise, respiração, fermentação)</li> <li>• Biossíntese de clorofila em algumas plantas;</li> <li>• Responsável pela síntese de AIA</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nanismo;</li> <li>• Folhas novas pequenas, estreitas e lanceoladas</li> <li>• Diminuição da produção de sementes</li> <li>• Perda da capacidade de produzir a capacidade suficiente de AIA;</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Taiz et al. (2017)

Tendo em vista os benefícios apresentados por plantas maternas bem nutridas no rendimento e na qualidade fisiológica de sementes, é interessante que o produtor do setor sementeiro possa estar atento a adubação equilibra e racional com macro e micronutrientes. Além disso, é imprescindível se conhecer a época de aplicação, bem como a dose ideal que originarão sementes com elevada qualidade fisiológica, garantindo alta germinação e vigor para comercialização e reduzindo gastos desnecessários durante o manejo. Uma planta bem nutrida em campo e em boas condições ambientais possivelmente produzirá uma semente com grande potencial germinativo.

## METODOLOGIA

O universo da pesquisa científica que tem como objetivo avaliar a importância relativa dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade abrange diversos campos da agronomia, da fisiologia vegetal e da nutrição de plantas (TAIZ *et al.*, 2017). Essa área de estudo envolve investigações sobre como a presença e a quantidade adequada de macro e micronutrientes afetam o desenvolvimento, a formação e a qualidade fisiológica das sementes em várias culturas agrícolas.



Pesquisadores nesse campo buscam compreender como a disponibilidade e o equilíbrio desses nutrientes influenciam processos específicos, como a formação de estruturas reprodutivas, as composições de bioquímicos essenciais para as sementes gerais e a resposta das plantas ao ambiente nutricional. Isso inclui estudos sobre os efeitos específicos de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro e zinco nas diferentes fases do desenvolvimento das sementes (TAIZ *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2017; ZANATTA *et al.*, 2017).

Além disso, a pesquisa aborda práticas de manejo nutricional, como a aplicação de fertilizantes, a correção do solo e a otimização das condições de cultivo para garantir a oferta adequada de nutrientes durante os ajustes cruciais do ciclo de vida das plantas (TAIZ *et al.*, 2017). O objetivo final é aprimorar as estratégias de nutrição vegetal para melhorar a produção de sementes com as características desejadas, como maior germinação, vigor e qualidade geral, contribuindo assim para o sucesso das culturas agrícolas.

A pesquisa é de cunho qualitativo, descritivo e bibliográfico, com busca sistemática em bases de dados científicos, especificamente, o google acadêmico e a Scielo, buscando livros, artigos e outras fontes confiáveis para a escrita do presente trabalho. Foram achados 68 artigos relacionados ao tema, mas apenas 12 artigos foram selecionados. Os trabalhos selecionados foram os relacionados ao macro e micronutrientes na produção de sementes de qualidade. Os demais foram excluindo por não ser o foco da presente pesquisa.

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

### **O que destaca cada artigo pesquisado**

As referências citadas abordaram diversos aspectos relacionados à produção de sementes e à influência dos macronutrientes e micronutrientes nesse processo. Estabelecemos aqui uma análise geral com base no objetivo de avaliar a importância relativa desses nutrientes para a qualidade das sementes:

Na cultura do crambe, os macro e micronutrientes específico melhorando a qualidade fisiológica de sementes. Ao explorar a relação entre a nutrição das plantas e a formação de sementes, o estudo contribui para uma compreensão mais aprofundada dos fatores que impactam a qualidade fisiológica das sementes dessa cultura. Os

pesquisadores analisaram a influência de diferentes práticas nutricionais nas propriedades fisiológicas das sementes de crambe, fornecendo uma visão abrangente dos fatores que impactam sua formação e proteção (AMARO *et al.*, 2020).

Outra pesquisa importante é a de Fernandes (2019) que aborda a importância dos macronutrientes e micronutrientes na produção de sementes de qualidade. Ao oferecer uma visão abrangente sobre como a nutrição das plantas influencia a formação de sementes, o estudo destaca a necessidade de um manejo nutricional adequado para melhorar a qualidade fisiológica das sementes. Essas informações são cruciais para orientar os produtores na busca por práticas agrícolas sustentáveis e eficientes.

O estudo de Kaya *et al.* (2019) examina os efeitos da deficiência de magnésio na qualidade e rendimento de sementes de trigo, contribuindo para a compreensão do papel desse micronutriente específico. O artigo destaca como a aplicação adequada de magnésio pode influenciar positivamente a produção de sementes. Essas descobertas são fundamentais para orientar práticas agrícolas que visam melhorar não apenas a quantidade, mas também a qualidade das sementes de trigo.

Medeiros *et al.* (2022) exploraram o efeito da saturação de base e da aplicação de fósforo na produção de sementes de soja em Bom Jesus, Piauí. A pesquisa fornece informações cruciais sobre como esses nutrientes afetam a qualidade das sementes de soja, contribuindo para a compreensão de práticas agrícolas específicas que podem melhorar a produção e a qualidade de sementes.

O estudo de Moura *et al.* (2021), destaca a aplicação foliar com boro de 4ª geração na produção de sementes de milho híbrido. A pesquisa oferece insights sobre a eficácia desse tratamento específico e seu impacto no rendimento e qualidade das sementes. O estudo contribui para a compreensão das práticas de manejo nutricional que podem aprimorar a produção de sementes de milho.

O trabalho de Souza (2023) aborda a nutrição mineral das plantas e seu papel na produção de sementes de qualidade. O artigo oferece uma visão abrangente dos aspectos relacionados aos macronutrientes e micronutrientes, destacando como a nutrição adequada das plantas impacta diretamente a qualidade fisiológica das sementes. A pesquisa é essencial para orientar práticas agrícolas que envolvam medidas mais saudáveis e produtivas.

Uma pesquisa conduzida por Souza *et al.* (2019) investigaram o efeito da adubação nitrogenada tardia na qualidade fisiológica das sementes de soja. O estudo fornece

informações valiosas sobre a influência do nitrogênio na produtividade e qualidade das sementes de soja. Os resultados destacam a importância do tempo e da quantidade adequada de adubação para otimizar a produção de sementes.

O estudo realizado por Ramos *et al.* (2021) investigou a qualidade fisiológica de sementes de soja em resposta ao tratamento com fertilizantes. Os resultados publicados no trabalho de pesquisa são avançados para compreender como diferentes tratamentos com fertilizantes podem influenciar positivamente a qualidade das sementes de soja, fornecendo informações valiosas para práticas de manejo nutricional.

No livro "Produção de Sementes de Soja," Souza (2022) aborda o manejo nutricional da soja, destacando a importância dos nutrientes para garantir uma produção de sementes de alta qualidade. O autor fornece informações práticas e direcionadas sobre como melhorar o manejo nutricional para obter sementes de soja com elevada qualidade fisiológica.

No capítulo "Nutrição Mineral de Plantas" do livro "Produção de Sementes" (Oliveira, 2020), o autor oferece uma visão abrangente sobre a importância dos macronutrientes e micronutrientes na nutrição mineral de plantas. Ao abordar esse tema, o autor contribui para a compreensão dos fundamentos que sustentam a produção de sementes de alta qualidade.

O capítulo "Nutrição Mineral de Plantas" no contexto da produção de sementes de milho, abordado por Santos (2021) em "Produção de Sementes de Milho," fornece uma visão específica sobre os requisitos nutricionais essenciais para a obtenção de sementes de qualidade nessa cultura. Essa referência é útil para entender as nuances da nutrição mineral em um contexto específico.

O estudo conduzido por Souza e Fernandes (2016) explora o papel crucial do magnésio como nutriente essencial para a fotossíntese. Esta pesquisa destaca a importância do magnésio não apenas na produção de sementes, mas também em processos fundamentais para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

O estudo de Cardoso (2020) concentra-se na qualidade fisiológica de sementes de feijão determinadas ao tratamento com zinco. Neste Trabalho de Conclusão de Curso o autor explora como a aplicação específica desse micronutriente pode influenciar positivamente as características fisiológicas das sementes. O trabalho fornece uma análise aprofundada dos efeitos do zinco na germinação, vigor e outras propriedades das

sementes de feijão, fornecendo insights importantes para a melhoria da qualidade do produto final.

Castro (2021) apresenta uma pesquisa que avalia o desempenho de cultivares de soja submetidas ao tratamento de sementes com macro e micronutrientes. O estudo destaca a importância da aplicação integrada desses nutrientes para melhorar o desenvolvimento das cultivares. A abordagem focada na qualidade das sementes, quando influenciada por tratamentos nutricionais adequados, pode impactar positivamente o rendimento das plantas, consolidando a relação direta entre a aplicação de nutrientes e a qualidade das sementes.

O trabalho de Santos *et al.* (2021) foca na tecnologia de produção de sementes de sorgo, evidenciando a importância da aplicação de macro e micronutrientes ao longo do processo produtivo. A pesquisa destaca como a seleção de cuidados a esses nutrientes pode aprimorar não apenas a quantidade, mas principalmente a qualidade das sementes de sorgo. Ao abordar os aspectos tecnológicos envolvidos, o estudo oferece contribuições valiosas para a produção eficiente e qualitativa de sementes de sorgo.

O artigo de Janke e Primieri (2023) se destaca por avaliar a eficiência de produtos direcionados à melhoria da qualidade de sementes de soja. O estudo fornece insights sobre como determinados produtos, provavelmente compostos por macro e micronutrientes, podem desempenhar um papel significativo na elevação da qualidade das sementes de soja. A pesquisa contribui para a compreensão prática de estratégias específicas para melhorar a qualidade das sementes, considerando a aplicação de nutrientes específicos.

O livro de Souza *et al.* (2017) aborda a nutrição mineral de plantas, fornece fundamentos e aplicações. Dentre os diversos tópicos abordados, destaca-se a importância dos macro e micronutrientes na promoção da saúde e vitalidade das plantas. A obra oferece uma visão abrangente sobre como a nutrição adequada, especialmente com a aplicação correta de macro e micronutrientes, contribui para o desenvolvimento robusto das plantas e, conseqüentemente, para a qualidade das sementes.

O livro de Taiz *et al.* (2017) é uma referência clássica em fisiologia vegetal, abordando o desenvolvimento das plantas. No contexto da qualidade de sementes, a obra destaca a interconexão entre os processos fisiológicos e a nutrição adequada das plantas. Ao entender os mecanismos fisiológicos que afetam diretamente a formação e qualidade

das sensações, os leitores são orientados sobre a importância intrínseca da aplicação adequada de macro e micronutrientes.

Essas referências destacam a relevância de estratégias nutricionais na produção de sementes de qualidade, ressaltando como a aplicação de cuidados de macro e micronutrientes pode influenciar positivamente diversos aspectos da fisiologia e desempenho das sementes. Cada estudo contribui de maneira única para a compreensão desse vínculo essencial entre a nutrição das plantas e a qualidade das sementes.

### **Confronto entre as pesquisas**

O manejo nutricional eficiente desempenha um papel crucial no desenvolvimento morfológico e fisiológico das sementes, sendo fundamental para garantir a qualidade final. Fernandes (2019) destacou a importância do manejo nutricional desde a correção do solo até as adubações específicas, assegurando a disponibilidade dos nutrientes essenciais nos momentos cruciais do desenvolvimento fenológico das culturas. Souza (2023) reforça que o tamanho, peso e probabilidade das sementes estão intrinsecamente ligados ao manejo nutricional, evidenciando a influência direta na qualidade fisiológica das sementes. A autora salienta que a qualidade das sementes é fortemente impactada pelas condições ambientais e nutricionais da planta-mãe, afetando a germinação e o vigor das sementes.

Uma aplicação eficiente de macro e micronutrientes, incluindo nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, boro e zinco, é crucial para o desenvolvimento adequado das sementes (SOUZA *et al.*, 2017). Medeiros *et al.* (2022) destacam a relação entre a saturação de base e a aplicação de fósforo na produção de sementes de soja, demonstrando que o aumento na saturação de base resulta em maior disponibilidade de fósforo e, conseqüentemente, um aumento no número de sementes por planta. A aplicação eficaz desses nutrientes não impacta apenas o rendimento, mas também influencia diretamente a qualidade fisiológica das sensações.

A importância do cálcio e do magnésio no desenvolvimento das sensações é ressaltada, especialmente no que diz respeito à integridade da membrana plasmática, parede celular e vitaminas de ácidos nucléicos e proteínas (Souza; Fernandes, 2016). Uma pesquisa realizada por Kaya *et al.* (2019) destaca que a deficiência de magnésio pode comprometer o vigor das sementes de trigo, ressaltando a interdependência dos nutrientes no processo de formação das sementes. Souza e cols. (2017) observaram que

a retenção de cálcio não só impactou significativamente o peso e o tamanho das sementes, evidenciando a importância desses nutrientes para a qualidade das sementes.

A aplicação de nitrogênio desempenha um papel vital na produtividade das plantas, sendo essencial para processos bioquímicos, como a síntese de proteínas, enzimas e clorofila (SOUZA *et al.*, 2019). No entanto, Souza *et al.* (2019) alertam que a adubação nitrogenada tardia pode ter efeitos variáveis na qualidade fisiológica das sementes, destacando a necessidade de compreensão aprofundada e ajustes no manejo nutricional. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Agrônomo do Pará demonstra que uma aplicação estratégica de nitrogênio, associada a um retardador de crescimento, pode aumentar a produtividade de sementes, otimizando o uso dos recursos ambientais (SILVA; SOUZA, 2022).

O fósforo, por sua vez, desempenha um papel crítico na formação de raízes, crescimento do caule e metabolismo geral da planta (SOUZA *et al.*, 2017). A escassez desse nutriente não só pode limitar o desenvolvimento das plantas e impactar os níveis de tamanho, quantidade e vigor das sementes. Medeiros *et al.* (2022) evidenciam que a saturação de base e a aplicação de fósforo estão interligadas, influenciando diretamente a produção de sementes de soja. A compreensão da interação entre nutrientes e a aplicação adequada no manejo nutricional são cruciais para garantir sementes de alta qualidade.

O controle adequado dos nutrientes essenciais não influencia apenas a quantidade de sementes produzidas, mas também desempenha um papel crucial na qualidade fisiológica dessas sementes. A aplicação eficiente de macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, boro e zinco, contribui para o desenvolvimento completo das sementes, impactando diretamente características como germinação e vigor (SOUZA *et al.*, 2017). A interdependência desses nutrientes é evidenciada em estudos que mostram que a deficiência de magnésio pode afetar a assimilação de nitrogênio, enquanto uma oferta adequada de magnésio potencializa o uso de nitrogênio (KAYA *et al.*, 2019).

Uma pesquisa realizada por Silva e Souza (2022) destacou a aplicação estratégica de cartilagem associada a um retardador de crescimento, revelando aumento na produtividade de sementes. No entanto, é crucial considerar a variabilidade nos efeitos da adubação nitrogenada tardia na qualidade fisiológica das sementes, conforme alertado por Souza *et al.* (2019). A compreensão dessas interações complexas é fundamental para

ajustar o manejo nutricional de maneira a melhorar tanto a produção quanto a qualidade das sementes.

O cálcio e o magnésio, por sua vez, desempenham funções estruturais essenciais e estão associadas ao crescimento do grão de pólen, formação e maturação de vagens e sementes (SOUZA; FERNANDES, 2016). Uma pesquisa de Kaya *et al.* (2019) ressaltam que a deficiência de magnésio pode comprometer o vigor das sementes, demonstrando a importância desse nutriente na qualidade fisiológica. Já Souza *et al.* (2017) observaram a influência significativa do cálcio na redução do peso e tamanho das sementes, destacando a importância da presença equilibrada desses nutrientes.

O fósforo, embora aplicado geralmente na fundação ou no momento da semeadura, é crítico para a divisão celular, crescimento do caule e sistema radicular, bem como nos processos reprodutivos e metabolismo geral da planta (SOUZA *et al.*, 2017). A saturação de base e a aplicação de fósforo estão diretamente relacionadas, como evidenciado por Medeiros *et al.* (2022), que mostram que o aumento na saturação de base resulta em maior disponibilidade de fósforo, impactando especificamente o número de sementes por planta.

A análise de Souza (2023) reforça a importância do manejo nutricional nas fases cruciais do desenvolvimento fenológico das culturas para promover sementes de alta qualidade. O autor destaca que a nutrição adequada das plantas deve começar com a correção do solo, garantindo a disponibilidade dos nutrientes essenciais nos momentos chave do ciclo de vida das culturas. A compreensão da interação complexa entre macro e micronutrientes é vital para otimizar o desenvolvimento completo das sementes.

Uma pesquisa de Moura *et al.* (2021) sobre a aplicação foliar com boro de 4ª geração (Manni-Plex B-Moly) destaca uma abordagem inovadora na área de produção de sementes de milho híbrido. A aplicação foliar de micronutrientes é reconhecida como uma estratégia eficaz para garantir a disponibilidade direta desses elementos essenciais, contribuindo para a melhoria da qualidade das sementes. Essa pesquisa resalta a importância de explorar novas tecnologias para melhorar o manejo nutricional mudanças de alta qualidade.

O estudo de Janke e Primieri (2023) sobre a avaliação da eficiência de produtos para a melhoria da qualidade de sementes de soja destaca a necessidade contínua de pesquisa e inovação nesse campo. A busca por produtos que possam potencializar a qualidade fisiológica das sementes demonstra o compromisso em aprimorar

constantemente as práticas de manejo nutricional para obter sementes superiores. Isso ressalta a importância de pesquisas contínuas para desenvolver soluções que atendam às demandas crescentes por sementes de alta qualidade.

O trabalho de Cardoso (2020) sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão tratadas com zinco destaca a relevância específica de micronutrientes no contexto da produção de sementes. O zinco é reconhecido por desempenhar funções cruciais em vários processos fisiológicos, incluindo o desenvolvimento de sementes. A pesquisa contribui para a compreensão mais profunda do papel desses micronutrientes específicos na promoção da qualidade das sementes.

A tecnologia de produção de sementes de sorgo, abordada por Santos *et al.* (2021), destaca a diversidade de demandas nutricionais em diferentes culturas. A pesquisa ressalta que as estratégias de manejo nutricional devem ser adaptadas às necessidades específicas de cada cultura para otimizar a produção de sementes. Isso destaca a importância de abordagens personalizadas para garantir a qualidade fisiológica das sementes em diferentes sistemas de cultivo.

O estudo de Kaya, Özkan e Yildirim (2019) sobre os efeitos da deficiência de magnésio na qualidade e produtividade das sementes de trigo destaca a importância crítica desse macronutriente na produção de sementes. Uma pesquisa enfatiza como a deficiência de magnésio pode impactar níveis a qualidade das sementes e destaca a necessidade de garantir uma oferta adequada desse nutriente para promover sementes de alta qualidade.

Em resumo, a pesquisa abordou nas referências destaca a complexidade e a interconexão de fatores nutricionais na produção de sementes de alta qualidade. Isso inclui tanto a aplicação eficaz de macro e micronutrientes quanto a compreensão das necessidades específicas de cada cultura. A busca contínua por inovações e a personalização das práticas de manejo nutricional são cruciais para enfrentar os desafios variados e garantir sementes que atendam aos padrões de qualidade fisiológica desejados.

Portanto, a aplicação eficaz de macro e micronutrientes, a compreensão das interações entre esses nutrientes e a exploração de tecnologias inovadoras são fundamentais para garantir a produção de sementes de alta qualidade. As pesquisas e estudos indicados fornecem insights importantes para orientar práticas de manejo nutricional que visam não apenas a quantidade, mas principalmente a qualidade



fisiológica das sementes, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência dos sistemas de produção de sementes.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Uma análise abrangente dos artigos e pesquisas examinadas revela uma compreensão aprofundada da inter-relação crítica entre a nutrição das plantas e a produção de sementes de alta qualidade. Cada estudo contribuiu de maneira única para a nossa compreensão, destacando a importância vital dos macronutrientes e micronutrientes em diferentes culturas agrícolas.

A pesquisa enfocou culturas diversas, desde o crambe até a soja, trigo, milho, feijão e sorgo, demonstrando a aplicabilidade generalizada dos achados. A complexidade e interdependência desses nutrientes foram evidenciadas em estudos que destacaram a influência positiva da aplicação eficaz de macro e micronutrientes na quantidade e, mais crucialmente, na qualidade fisiológica das sementes.

A eficiência do manejo nutricional foi ressaltada, não apenas nas etapas tradicionais de correção do solo e adubação, mas também na aplicação de tratamentos inovadores, como o foliar com micronutrientes específicos. Essas abordagens inovadoras destacam a necessidade contínua de pesquisa e desenvolvimento para melhoria de práticas de manejo nutricional em busca de sementes superiores.

O estudo realizado com arroz e soja mostrou que o boro é um nutriente essencial para a produção de sementes de qualidade. A deficiência de boro pode reduzir a germinação, o vigor e a uniformidade das sementes.

Estes resultados sugerem que o boro deve ser considerado um nutriente essencial para a produção de sementes de qualidade. A recomendação de boro para a produção de sementes deve ser baseada nas necessidades nutricionais da cultura e nas características do solo.

Novas pesquisas são necessárias para compreender melhor a importância relativa dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade. Estudos comparativos entre diferentes nutrientes e diferentes culturas são necessários para identificar os nutrientes mais importantes para a produção de sementes de qualidade.

Também são necessárias pesquisas para avaliar os efeitos da deficiência e do excesso de nutrientes nas sementes. Essas pesquisas podem ajudar a desenvolver tecnologias para a produção de sementes de qualidade, mesmo em condições de deficiência ou excesso de nutrientes.

Esses estudos coletivos ressaltam a complexidade da nutrição das plantas na produção de sementes de alta qualidade, destacando a necessidade de uma abordagem integrada e personalizada no manejo nutricional. A interconexão entre macro e micronutrientes, bem como a adaptação dessas práticas às necessidades específicas de cada cultura, surge como um ponto central para garantir sementes de elevada qualidade fisiológica. A pesquisa contínua e a inovação no campo do manejo nutricional são essenciais para enfrentar os desafios em evolução e sustentar a produção de sementes eficientes e de alta qualidade.

Além disso, uma análise comparativa entre os estudos sublinha a complexidade do desafio, onde a aplicação de nutrientes específicos pode ter efeitos variados em diferentes culturas e estágios de desenvolvimento. A consideração de fatores ambientais, práticas agrícolas regionais e as necessidades específicas de cada cultura emergem como um ponto crucial na busca pela produção sustentável de sementes de alta qualidade.

Portanto, concluímos que a produção de sementes de qualidade está intrinsecamente ligada a práticas de manejo nutricional, que devem ser adaptadas de maneira personalizada para cada contexto agrícola. A pesquisa contínua, a inovação e a colaboração entre cientistas, agricultores e setores da indústria são essenciais para enfrentar os desafios em evolução e garantir uma produção sustentável e eficiente de sementes de alta qualidade fisiológica.

## REFERENCIAS

AMARO, H. T. R.; FONTES ARAUJO, E.; FONTES ARAUJO, R.; SANTOS DE SOUZA DAVID, A. M.; SOUZA SILVA, F. W.; PORTO MADUREIRA, R. Tecnologia de produção de sementes de crambe (*crambe abssynica* Hoechst) de alta qualidade: avanços e perspectivas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 26, n. 1, p. 149-172, 8 ago. 2020.

CARDOSO, Douglas Galmacci. Qualidade fisiológica de sementes de feijão tratadas com zinco. 2020. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CASTRO, M. H. A. **Desempenho de cultivares de soja submetidos ao tratamento de sementes com macro e micronutrientes**, 2021.

FERNANDES, R. S. A importância dos macronutrientes e micronutrientes para a produção de sementes de qualidade. **Sementes & Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 225-236, 2019. DOI: 10.1590/1984-69562019000200005

JANKE, J. P. Z.; PRIMIERI, C. Avaliação da eficiência de produtos para a melhoria da qualidade de sementes de soja. **Revista Cultivando o Saber**, 61-69, 2023.

KAYA, G.; ÖZKAN, M.; YILDIRIM, A. Effects of magnesium deficiency on seed quality and yield of wheat. **Journal of Plant Nutrition**, v. 42, n. 10, p. 1794-1804, 2019.

MEDEIROS, A. C.; SILVA, M. A.; SOUZA, M. A. Efeito da saturação de base e da aplicação de fósforo na produção de sementes de soja em Bom Jesus, Piauí. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 44, n. 2, p. 1-11, 2022.

MOURA, J. C.; VALICHESKI, R. R.; CRUZ, S. J. da S.; OLIVEIRA, S. S. C. de; STÜRMER, S. L. K. Foliar application with 4th generation boron (Manni-Plex B-Moly) in the production field of hybrid corn seeds. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e32810313498, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13498.

OLIVEIRA, J. P. Nutrição mineral de plantas para produção de sementes. In: A. C. G. Cruz, J. F. Souza, & A. A. B. Fernandes (Eds.), **Produção de sementes** (pp. 137-158). Viçosa, MG: Editora UFV, 2020.

RAMOS, D. S. et al. **Qualidade fisiológica de sementes de Soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em resposta ao tratamento com fertilizantes**. 2021.

SANTOS, C. V. et al. **Tecnologia de produção de sementes de sorgo**. 2021.

SANTOS, M. F. Nutrição mineral de plantas para produção de sementes de milho. In: A. C. G. Cruz, J. F. Souza, & A. A. B. Fernandes (Eds.), **Produção de sementes de milho** (pp. 137-158). Viçosa, MG: Editora UFV, 2021.

SOUZA, F. C. A. Manejo nutricional da soja para produção de sementes. In: A. C. G. Cruz, J. F. Souza, & A. A. B. Fernandes (Eds.), **Produção de sementes de soja** (pp. 136-148). Viçosa, MG: Editora UFV, 2022.

SOUZA, J. C.; SILVA, M. C.; CASTRO, L. P.; SOUZA, M. A. Efeito da adubação nitrogenada tardia na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 41, n. 1, p. 11-19, 2019.

SOUZA, J. F. A nutrição mineral das plantas na produção de sementes de qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 45, n. 2, p. 105-112, 2023. DOI: 10.1016/j.sementes.2023.02.002

SOUZA, M. A.; FERNANDES, R. S. Magnésio: um nutriente essencial para a fotossíntese. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 28, n. 3, p. 517-527, 2016.

SOUZA, M. A.; SOUZA, J. F.; FERNANDES, R. S. **Nutrição mineral de plantas: fundamentos e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6th edition. Artmed, Porto Alegre, 858 p., 2017.

## Capítulo 9

### DIVERSIDADE GENÉTICA E CONSERVAÇÃO DA ESPÉCIE *Hancornia speciosa* GOMES

Anna Beatriz Nogueira de Araújo<sup>1</sup>, Marielly Rodrigues Santos<sup>1</sup>, Genilza Almeida da Graça<sup>1</sup>, Wendel de Melo Massaranduba<sup>1</sup>, Renata Silva Mann<sup>1</sup>, Mariana Alves Vieira<sup>1</sup>, Ryan Eduardo da Costa Santos<sup>1</sup>, João Felipe Mota da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão – SE, e-mail: [anna.b.n.araujo@gmail.com](mailto:anna.b.n.araujo@gmail.com)

#### INTRODUÇÃO

*Hancornia speciosa* Gomes conhecida popularmente como mangabeira ou mangaba, de origem indígena que significa “coisa boa de comer”. Mangaba é uma frutífera nativa brasileira, ou seja, ela não é encontrada naturalmente em nenhum outro lugar do mundo, pertencendo a família Apocinacea, vegetando espontaneamente no Nordeste com ocorrência desde os Tabuleiros Costeiros e Baixadas Litorâneas, onde ocupa solos profundos, pobres e arenosos (MARTINS *et al.*, 2012). De acordo com estudos, a espécie em questão pode ser cultivada não apenas nas regiões do Nordeste (NETO *et al.*, 2007; OLIVEIRA e ALOUFA, 2021; ÁLVARES-CARVALHO *et al.*, 2022).

Alguns componentes da planta possuem aplicações na medicina popular, como a casca, que possui propriedades adstringentes, e o látex, utilizado no tratamento de contusões, inflamações, diarreia, tuberculose, úlceras e herpes (SILVA JUNIOR, 2004). A mangabeira é uma planta látex que possui folhas opostas, simples, com pecíolos, podendo apresentar superfície lisa ou pubescente, sendo brilhantes e coriáceas (VIEIRA *et al.*, 2017). É uma espécie com propagação desafiadora devido às suas sementes serem recalcitrantes e alógama e com autoincompatibilidade, o que resulta em plantas derivadas de sementes altamente divergentes entre si e em relação à planta-mãe (DA SILVA *et al.*, 2011).

A mangabeira é uma planta látex que possui folhas opostas, simples, com pecíolos, podendo apresentar superfície lisa ou pubescente, sendo brilhantes e coriáceas (VIEIRA

*et al.*, 2017). Essa espécie apresenta um valor potencial econômico devido aos seus frutos, que são consumidos *in natura* e também usado para produzir sucos, doces e gelo cremes (MOURA *et al.*, 2011). Estudos têm demonstrado que o extrato da folha da planta em questão apresenta ação anti-hipertensiva e efeitos dilatadores dos vasos (PEREIRA *et al.*, 2012). Além disso, o látex da planta demonstrou possuir propriedades anti-inflamatórias (MARINHO *et al.*, 2011).

Devido ao extrativismo e a intensa atividade antrópica no ambiente de ocorrência natural da mangabeira, no Nordeste do Brasil, têm causado erosão genética na espécie e pouco se conhece sobre a estrutura genética das populações desta espécie (MARTINS *et al.*, 2012). Uma forma de avaliar esta erosão genética é empregando ferramentas de biotecnologia vegetal que combinam biologia molecular, genética, engenharia genética e outras, relacionadas para estudar a distribuição da diversidade genética (OLIVEIRA, 2020). Além disso, ela desempenha um papel importante na conservação de plantas ameaçadas de extinção, através da proteção de espécies raras e da preservação de bancos de germoplasma.

O estudo da diversidade genética em populações auxilia na descrição dos níveis de variabilidade genética mantida dentro das populações e como está se encontra dividida entre e dentro das mesmas, a existência de variação genética é um pré-requisito para o melhoramento de plantas (HAMRICK, 1983; RAPOSO *et al.*, 2007). Para estudar a diversidade genética dos genótipos, podem ser utilizadas características morfológicas ou moleculares.

## **BIOTECNOLOGIA, GENÉTICA BÁSICA E CONSERVAÇÃO DE *HANCORNIA SPECIOSA* GOMES**

A biotecnologia moderna inclui várias técnicas avançadas, como transgenia, clonagem, micropropagação e fecundação *in vitro* (OLIVEIRA *et al.*, 2022), contribuindo para progressos na agricultura global. A diversidade genética envolve a variedade de genes e combinações genéticas em uma população ou espécie (BURLE, 2019; PÁDUA, 2018). Essa diversidade se manifesta em alelos e genótipos nas populações, refletindo em diferenças na fisiologia e características morfológicas, sendo essencial para a adaptação a mudanças ambientais (MIMURA *et al.*, 2017).

A diversidade genética pode resultar de variações nos cromossomos, os quais são estruturas que carregam informações genéticas. Cada cromossomo consiste em uma longa molécula de DNA associada a proteínas que mantêm sua estrutura e controlam a atividade dos genes (VALADARES, 2011). A mangaba é uma espécie com estrutura cromossômica diploide, o que significa que suas células possuem dois conjuntos de cromossomos ( $2n = 22$ ), uma característica comum no gênero *Hancornia* (FAJARDO *et al.*, 2018). Para a maioria das plantas, o número de cromossomos é uma característica constante para a espécie.

A importância da conservação de recursos genéticos reside na sua relevância para a adaptação e sobrevivência das espécies em resposta a mudanças ambientais, doenças, pragas e outros desafios. A diversidade genética é a base para a evolução e o processo de seleção natural, permitindo a manutenção da variabilidade genética dentro das populações e entre diferentes populações de uma mesma espécie (SILVA; AMARAL; SILVA, 2020).

No Brasil, vários bancos de germoplasma desempenham um papel importante na conservação da mangabeira (SANTOS; SANTOS; OLIVEIRA, 2010) e de outras fruteiras nativas, tais como o Banco de Germoplasma de Mangabeira da Embrapa Tabuleiros Costeiros em Sergipe, o Banco de Germoplasma de Fruteiras Nativas do Semiárido da Embrapa Semiárido em Pernambuco, o Banco Ativo de Germoplasma de Fruteiras do Cerrado e da Caatinga da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia em Brasília, o BAG da Embrapa Meio-Norte no Piauí e o BAG da Embrapa Algodão na Paraíba (MELO, 2021).

Além disso, a biotecnologia desempenha um papel vital na conservação de recursos genéticos, permitindo a preservação de espécies ameaçadas e a recuperação de populações em declínio. Técnicas como a cultura de tecidos, criopreservação e engenharia genética são ferramentas valiosas nesse esforço (SANTOS *et al.*, 2015). A cultura de tecidos, em particular, oferece vantagens como economia de recursos financeiros, redução de riscos e proteção contra condições climáticas adversas, como explicado por LÉDO *et al.* (2007).

A mangabeira está ameaçada devido ao desenvolvimento da construção civil na região litorânea, destacando a necessidade de conservação tanto *in situ* quanto *ex situ* (MELO, 2021). A conservação genética é crucial para preservar sua singularidade genética e evitar a perda de informações únicas e adaptativas. Dado o número limitado de coleções *ex situ* para a mangabeira, é fundamental desenvolver métodos alternativos, como a

criopreservação (SÁ *et al.*, 2011), que permite armazenar material biológico indefinidamente, mantendo sua estabilidade genética e características fenotípicas, com pouco espaço e manutenção necessários (SARTOR *et al.*, 2012).

## MARCADORES MOLECULARES

A diversidade varia de formas distintas e pode ser medida através de uma ampla gama de técnicas, entre essas técnicas, o uso de descritores moleculares apresenta certas vantagens, como a capacidade de representar todo o genótipo, manter a consistência dos resultados e evitar o problema da expressão do fenótipo (WUNSCH e HORMAZA, 2002).

Na utilização desses descritores moleculares, vários marcadores têm sido empregados, cada um com suas próprias vantagens e utilidades, dependendo do enfoque da pesquisa. Um desses marcadores é o ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat* - Repetições Inter-Simples de Sequências), que amplificam regiões entre sequências de microssatélites adjacentes do DNA por meio da PCR (*Polymerase Chain Reaction* - Reação em Cadeia de Polimerase). O ISSR possui a vantagem de não exigir conhecimento prévio do genoma (GONZÁLEZ *et al.*, 2002). O RAPD (*Random Amplification of Polymorphic DNA* - Polimorfismo de DNA de Amplificação Aleatória) é outro marcador que amplifica sequências de DNA usando pares de iniciadores de sequência arbitrária. Esse marcador dispensa o conhecimento prévio do DNA e é uma opção rápida e econômica (WILLIAMS *et al.*, 1990).

Os marcadores AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphisms* - Polimorfismos de Comprimento de Fragmentos Amplificados) são obtidos pela combinação das técnicas de RFLP (*Restriction Fragment Length Polymorphisms* Polimorfismos de Comprimentos de Fragmentos de Restrição) e PCR. Essa análise é dominante e permite identificar altos níveis de polimorfismo com um grande número de marcadores, o que facilita a análise de germoplasma com precisão (WICKERT, 2007). Os marcadores SNPs (*Single Nucleotide Polymorphism* - Polimorfismo de Nucleotídeo Único) envolvem a modificação de um nucleotídeo específico na sequência de DNA, permitindo uma estimativa mais precisa da diversidade em populações naturais (LI, 2021; CHUNG *et al.*, 2017).



## MÉTODOS USADOS NA BUSCA DAS INFORMAÇÕES

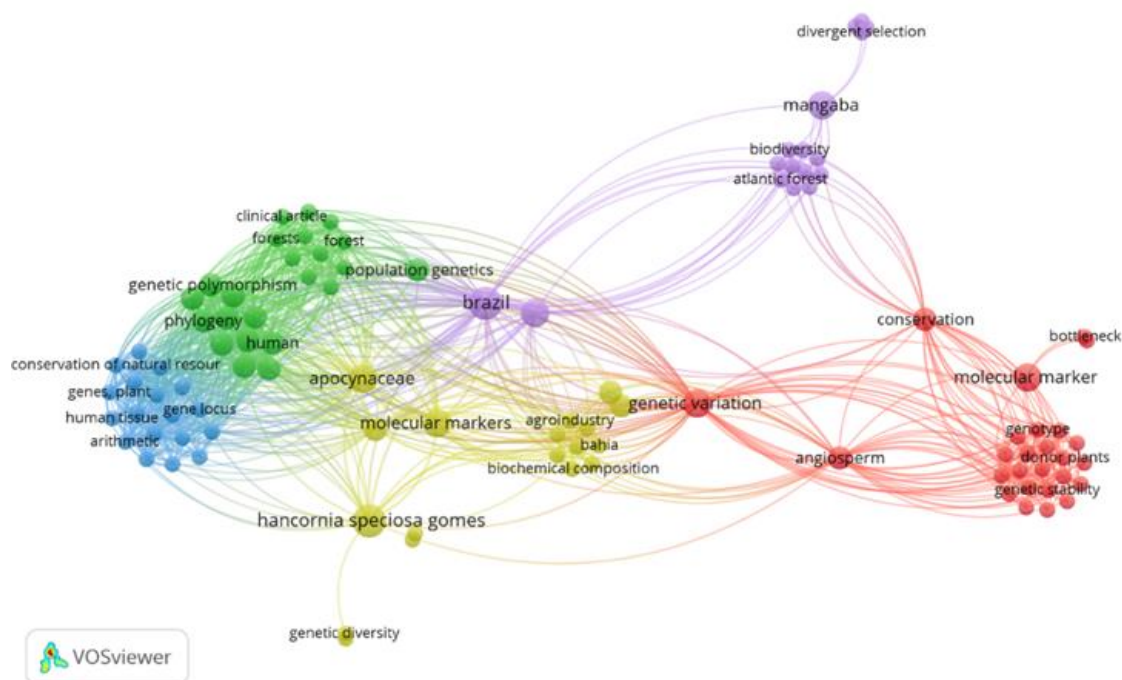
### *Levantamento Bibliográfico*

O levantamento bibliográfico foi feito em julho de 2023, na plataforma indexadora Scopus ([www.scopus.com](http://www.scopus.com)), por meio do booleano (*Hancornia speciosa* Gomes) AND (Diversidade genética) AND (Conservação) AND (Recursos genéticos vegetais) AND (Marcadores moleculares). Utilizou também o site Chatbot GPT-3.5 para sanar algumas dúvidas de como realizar as buscas. A busca foi realizada no título, resumo e palavras-chaves.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

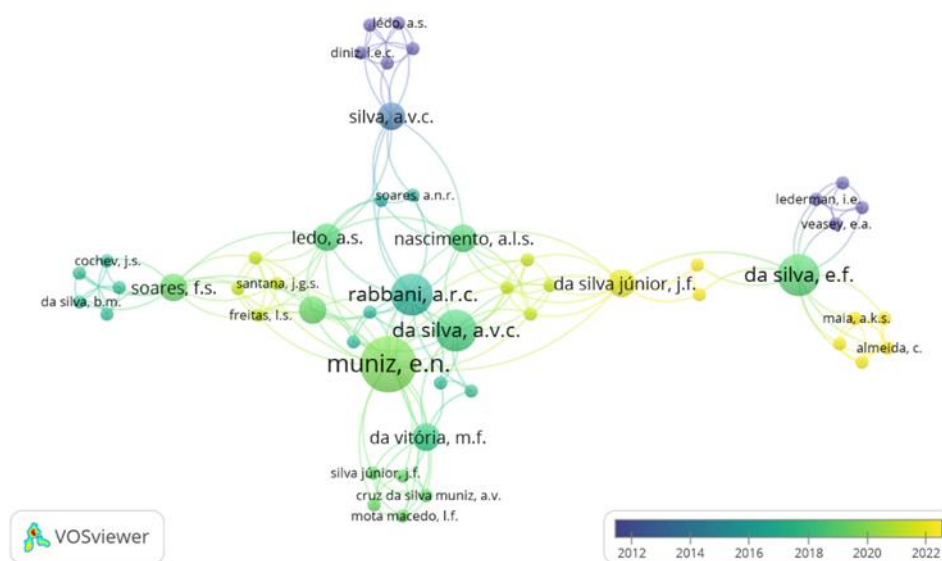
### **Bibliometria dos estudos da diversidade genética de *Hancornia speciosa* Gomes**

Utilizou o VOSviewer para a produção dos gráficos com as palavras-chaves mais utilizadas por autores em seus trabalhos. A prospecção na base de dados resultou em total de 33 artigos, destes 10 foram removidos por serem duplicatas e 9 foram excluídos pelos critérios de elegibilidade, resultando em 14 publicações. Foram prospectados artigos publicados em português, inglês e espanhol, e não foi estipulado período (Figura 1).



**Figura 1.** Palavras-chaves que são mais utilizadas em busca de trabalhos realizados para a espécie *Hancornia speciosa* Gomes.

Na busca por informações sobre a conservação da *Hancornia speciosa*, é evidente que muitos pesquisadores estão dedicados a encontrar métodos para preservar essa espécie. Isso ocorre devido à pressão causada pelo desmatamento de suas áreas naturais e à perda de sua variabilidade genética. Autores como LÉDO, SILVA, DINIZ e outros têm se esforçado desde 2012 até 2022 para obter resultados promissores na conservação da mangabeira, e esse empenho continua ano após ano, como evidenciado na Figura 2.



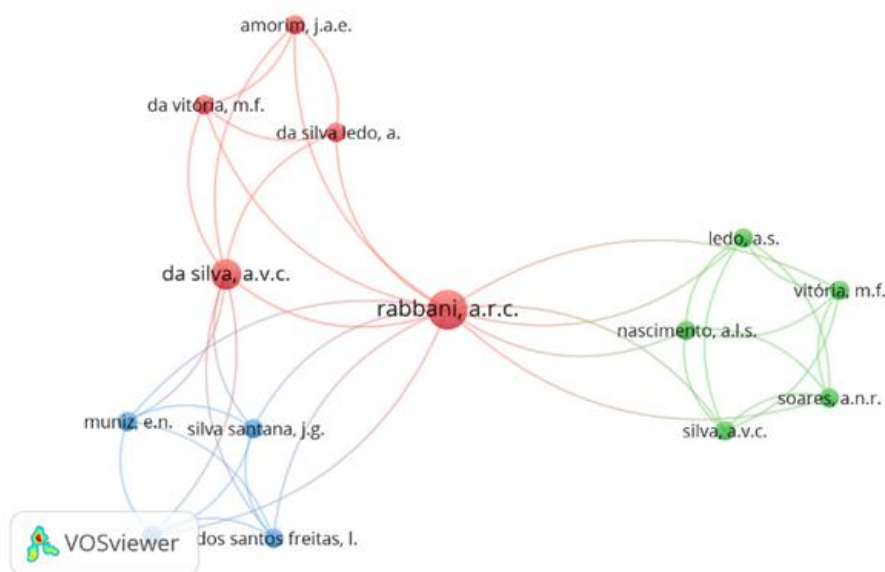
**Figura 2.** Autores que mais publicarão durante os anos de 2012 a 2022 sobre a conservação de mangabeiras.

Ao pesquisar sobre a diversidade genética da mangabeira, é possível observar o destaque de alguns autores, como SILVA-MANN, R. e NUNES, V.V. possuem sete citações em um dos seus trabalhos (Figura 3). Isso evidencia a importância crescente dos estudos nessa área do conhecimento, que visa investigar a diversidade genética dessa espécie. Apesar de ser uma espécie de grande relevância para a região de Sergipe, ainda há escassez de informações a seu respeito.



**Figura 3.** Autores que mais contribuíram com artigos relacionados a diversidade genética de mangabeira.

Desde 2016, diversos autores, incluindo Nascimento A.L.S., Silva A.V.C. e Ledo A.S., têm se dedicado a estudos de marcadores moleculares em mangabeiras. Rabbani A.R.C. se destaca como uma autora proeminente nesse campo, sendo frequentemente citada em pesquisas, e continua a conduzir estudos relacionados à mangabeira e marcadores moleculares, conforme evidenciado na Figura 4. Essas pesquisas desempenham um papel fundamental na compreensão da diversidade genética e na caracterização genética da mangabeira. O uso desses marcadores permite investigar a variabilidade genética da espécie, identificar diferentes genótipos e realizar estudos sobre parentesco e estrutura populacional.



**Figura 4.** Autores que mais contribuíram com artigos relacionados a marcadores moleculares de mangabeira

O estudo realizado por Costa *et al.* (2015) teve como objetivo investigar a diversidade genética da mangabeira, considerando sua importância econômica e a necessidade de melhorar e conservar as populações naturais da espécie. A pesquisa envolveu 15 indivíduos coletados em Natal - RN, com amostras de caule usadas para a extração de DNA. Foram testados 19 iniciadores ISSR, dos quais seis se mostraram eficazes na produção de locos claros e em maior quantidade, totalizando 63 locos, sendo que 30 (47,62%) apresentaram polimorfismo.

A análise da diversidade genética revelou uma baixa variabilidade na população, com valores médios de alelos observados ( $N_a = 1,48$ ), alelos efetivos ( $n_e = 1,32$ ), índice de diversidade de Nei ( $H_e = 0,18$ ) e índice de Shannon ( $I = 0,26$ ). Esses resultados indicam a ocorrência de um gargalo populacional recente. Os marcadores ISSR demonstraram ser eficazes na avaliação da diversidade genética da mangabeira, fornecendo informações valiosas para estratégias de conservação e preservação da espécie.

Um estudo realizado por NUNES *et al.* (2021) teve como objetivo avaliar a variabilidade fenotípica de frutos, sementes e mudas e estimar a diversidade genética. Foram avaliadas características mensuráveis dos frutos, sementes e mudas, e a diversidade genética foi determinada por meio de marcadores ISSR. Observou-se que 53,21% dos frutos apresentaram um diâmetro longitudinal entre 27,5 e 35 mm, e 63,15% tiveram um diâmetro transversal entre 24,5 e 35 mm. As sementes tiveram uma média de

9,98 mm de comprimento, 8,21 mm de largura e 3,97 mm de espessura. Os parâmetros genéticos estimados foram  $H_e = 0,40$ ,  $I = 0,50$ ,  $N_a = 2,0$ ,  $N_e = 1,71$  e a similaridade foi de 55,29%. Essa população demonstrou uma alta variabilidade fenotípica de frutos, sementes e mudas, assim como diversidade genética. Concluiu-se que há um potencial promissor para utilizar essa população no processo de enriquecimento visando a restauração de espécies naturais e a manutenção da diversidade genética.

Costa *et al.* (2022) avaliaram o impacto do processo de multiplicação em plântulas e calos de *H. speciosa* usando marcadores moleculares. Eles utilizaram plântulas saudáveis e vigorosas para a produção de segmentos nodais e calos. A análise da variabilidade somaclonal em seis subcultivos não mostrou variações significativas nas plântulas em comparação com as plantas doadoras. Marcadores ISSR revelaram diferenças genéticas entre as plantas doadoras, com 80% dos primers mostrando variações genéticas. A comparação das diferenças genéticas variou de 0% a 75%, com uma média de 28,2% de diferença genética. Marcadores SSR revelaram um total de 32 alelos amplificados, com uma média de dois alelos por primer. Alguns primers apresentaram mais alelos. A análise do polimorfismo mostrou uma média de PIC de 0,361. Apesar das expectativas de alta diversidade genética devido à polinização cruzada, os marcadores ISSR e SSR mostraram baixo polimorfismo entre os indivíduos, permitindo o agrupamento dos doadores dos mesmos locais.

Álvares-Carvalho *et al.* (2022) conduziu um estudo com o objetivo de prever a ocorrência potencial de *H. speciosa* em áreas historicamente usadas para práticas extrativistas de frutos. A análise utilizou o método de entropia máxima para identificar os padrões de distribuição da espécie em ambientes variáveis dentro de um ponto de biodiversidade.

A diversidade genética de quatro locais, incluindo áreas de extrativismo, foi avaliada por meio de marcadores moleculares ISSR. A população da Baixa Grande mostrou os valores mais altos de diversidade genética, com um Índice de Nei ( $H_e$ ) de 0,36 e Índice de Shannon ( $I$ ) de 0,53. Essa população também apresentou valores elevados de alelos observados ( $n_a = 1,96$ ) e alelos efetivos ( $n_e = 1,61$ ). Os valores de diversidade genética variaram de 0,11 a 0,31 para *H. speciosa*, considerando marcadores dominantes, em diferentes regiões do Brasil. A análise indicou fluxo gênico, com baixa diferenciação genética ( $F_{st}$ ) entre a população estudada e outras populações vizinhas, como Pontal, Riboleirinha e São Sebastião.

Soares *et al.* (2016) teve como objetivo analisar a estrutura e a diversidade genética entre populações e dentro das populações de *H. speciosa* Gomes, uma espécie encontrada em áreas de tabuleiros costeiros no Nordeste brasileiro e regiões de Cerrado. Foram amostrados 155 indivíduos de 10 populações naturais no estado de Sergipe, Brasil, denominadas ITA, PAC, IND, EST, BC, PIR, JAP, BG, NEO e SANT. Utilizando marcadores moleculares inter-simple sequence repeat (ISSR), foram gerados 162 fragmentos com 100% de polimorfismo a partir de 15 primers. A análise genética revelou que a variabilidade entre as populações (77%) foi maior do que dentro delas (23%). Por meio do método de agrupamento não ponderado com média aritmética e análise de coordenadas principais, foram identificados cinco grupos distintos, com exceção de um indivíduo (E10) que permaneceu isolado. Os marcadores ISSR foram eficazes na obtenção de um perfil molecular das populações estudadas, demonstrando polimorfismo suficiente para estimar a variabilidade genética das populações naturais de *H. speciosa* Gomes.

Da Silva *et al.* (2021) realizaram estudos para avaliar o Banco de Genes de Mangaba da Embrapa Tabuleiros Costeiros, no Brasil, desde a sua implementação em 2006, e caracterizar os acessos na fase reprodutiva. Foram analisados 21 descritores, abrangendo aspectos botânicos, morfológicos, de crescimento, biométricos e físico-químicos, a fim de avaliar o germoplasma de mangaba, além dos dados de enriquecimento e sobrevivência desde a criação do banco de genes. Os resultados demonstraram sucesso no enriquecimento, manutenção e diversidade do germoplasma avaliado. Houve diferenças significativas entre os acessos para a maioria dos descritores. Os frutos apresentaram características de qualidade satisfatórias tanto para consumo in natura quanto para processamento. Além disso, esses resultados embasaram a publicação dos descritores mínimos para esta espécie pela *Bioversity International* e Embrapa.

O estudo de Silva *et al.* (2017) buscou caracterizar mangabeiras em Sergipe, Brasil. Destacou-se que frutos de Abaís/Estância (AB) tinham o dobro de vitamina C em comparação com outros locais. A análise revelou variações significativas em características morfológicas das árvores e frutos, incluindo altura, pH, TTA, teor de vitamina C, sólidos solúveis e acidez. O uso de marcadores ISSR mostrou eficiência na avaliação da diversidade genética, agrupando as mangabeiras de acordo com a origem. A análise indicou média de diversidade intermediária (índice de Shannon) e um índice médio de diversidade genética ( $H_e$ ). Análises de dendrograma, coordenadas principais (PCoA) e bayesianas confirmaram os agrupamentos geográficos. Concluiu-se que os

marcadores ISSR permitiram distinguir indivíduos geneticamente diversos, com base na localização geográfica.

**Tabela 1.** Principais artigos que acessam a diversidade genética e conservação de *Hancornia speciosa*.

<b>Títulos dos artigos</b>	<b>Marcadores</b>	<b>Revista</b>	<b>Referência</b>	<b>Resultados</b>
<b>Genetic diversity and issr initiators selection in a natural population of mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) (Apocynaceae)</b>	ISSR	Revista Brasileira Fruticultura	COSTA <i>et al.</i> (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A diversidade genética na população foi baixa, com poucos alelos observados, alelos efetivos, índice de diversidade de Nei e índice de Shannon.</li> <li>✓ Os padrões de diversidade alélica indicam a presença de um gargalo populacional recente.</li> <li>✓ A utilização de marcadores ISSR para <i>Hancornia speciosa</i> foi eficaz na avaliação da diversidade genética, fornecendo informações cruciais para estratégias de conservação da espécie.</li> </ul>

<p><b>Genetic diversity in natural populations of mangaba in Sergipe, the largest producer State in Brazil</b></p>	<p>ISSR</p>	<p>Genetics and Molecular Research</p>	<p>SOARES <i>et al.</i> (2016)</p>	<p>✓ A análise genética revelou que a variabilidade entre as populações (77%) foi maior do que dentro delas (23%).</p> <p>✓ Os marcadores ISSR foram eficazes na obtenção de um perfil molecular das populações estudadas, demonstrando polimorfismo suficiente para estimar a variabilidade genética das populações naturais de <i>H. speciosa</i> Gomes.</p>
<p><b>Characterization of trees, fruits and genetic diversity in natural populations of mangaba</b></p>	<p>ISSR</p>	<p>Ciência e Agrotecnologia</p>	<p>SILVA <i>et al.</i> (2017)</p>	<p>✓ Os marcadores ISSR permitiram a discriminação de indivíduos geneticamente diferentes, com a formação de grupos de acordo com sua localização geográfica. Os frutos</p>



				provenientes de Estância (AB) destacaram-se pelo seu tamanho maior e maior teor de vitamina C.
<b>Geno-phenotypic diversity in a natural population of <i>Hancornia speciosa</i> Gomes: implications for conservation and improvement</b>	ISSR	Genet Resour Crop Evol	NUNES <i>et al.</i> (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ A maioria dos frutos (53,21%) tinha um diâmetro longitudinal de 27,5 a 35 mm, e 63,15% tinham um diâmetro transversal de 24,5 a 35 mm.</li> <li>✓ As sementes tinham em média 9,98 mm de comprimento, 8,21 mm de largura e 3,97 mm de espessura.</li> <li>✓ As mudas apresentaram variação no comprimento das partes aéreas (3,0 a 8,5 cm), raízes (4,0 a 15,8 cm) e massa seca (80 a 103 mg por muda).</li> <li>✓ Os parâmetros genéticos estimados indicam uma alta diversidade</li> </ul>

				<p>genética, com índices de diversidade de 0,40 (He) e 0,50 (I), uma média de 2,0 alelos observados (Na) e 1,71 alelos efetivos (Ne), além de uma similaridade de 55,29% entre os indivíduos.</p> <p>✓ Essa população demonstra uma considerável variabilidade fenotípica em frutos, sementes e mudas, bem como uma diversidade genética significativa.</p>
<p><b>Collection, <i>ex situ</i> conservation and characterization of mangaba (<i>Hancornia speciosa</i> Gomes) germplasm in coastal lowland of Northeastern Brazil</b></p>	--	<p>Genet Resour Crop Evol</p>	<p>DA SILVA <i>et al.</i> (2021)</p>	<p>✓ Indicaram êxito no enriquecimento e manutenção da diversidade do germoplasma avaliado.</p> <p>✓ Foi observada variabilidade significativa entre os diferentes</p>

				<p>acessos da espécie em relação à maioria dos descritores avaliados.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Os frutos demonstraram características de qualidade satisfatórias, tanto para consumo in natura quanto para processamento.</li><li>✓ Esses resultados contribuíram para a definição dos descritores mínimos para esta espécie pela Bioversity International e Embrapa.</li><li>✓ O conhecimento adquirido sobre a variabilidade da mangaba servirá como base para estratégias de conservação e estimulará</li></ul>
--	--	--	--	---

				pesquisas futuras no campo do melhoramento genético.
<b>Biodiversity hotspots for conservation of <i>Hancornia speciosa</i> Gomes</b>	ISSR, RAPD e SSR	Genet Resour Crop Evol	ÁLVARES-CARVALHO <i>et al.</i> (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Observe que a espécie ocorria com maior densidade nas regiões costeiras do estado de Sergipe.</li> <li>✓ No entanto, uma análise de previsão dos dados indicou que as áreas de ocorrência natural foram reduzidas devido a ações humanas no passado.</li> </ul>
<b>Clonal Fidelity and Genetic Diversity of Micropropagated <i>Hancornia speciosa</i> Gomes (Apocynaceae) as Evaluated by Molecular Markers</b>	ISSR e SSR	Forests	COSTA <i>et al.</i> (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Técnicas de cultura de tecidos utilizadas neste estudo para a micropropagação de <i>H. Speciosa</i> não influenciaram a ocorrência de variação somaclonal (VS).</li> <li>✓ A ausência de variação somaclonal demonstra que a micropropagação de</li> </ul>

				<p>plantas de <i>H. Speciosa</i>.</p> <p>✓ Este estudo confirma a utilidade dos marcadores ISSR e SSR para monitorar a variação somaclonal em iniciais e foi possível constatar que as plantas doadoras utilizadas neste estudo apresentaram uma variabilidade genética relativamente baixa.</p>
--	--	--	--	--

## CONCLUSÃO

Os resultados desta revisão destacam lacunas existentes no conhecimento sobre a *Hancornia speciosa* e a necessidade de pesquisa adicional para compreender sua diversidade genética, estrutura populacional e características genéticas. O estudo da *H. speciosa* apresenta desafios práticos devido à sua complexidade, tanto em campo quanto em laboratório. Aprofundar nosso entendimento sobre essa espécie é crucial para garantir sua sobrevivência a longo prazo e promover seu uso sustentável.

Recomenda-se a combinação de abordagens moleculares, como marcadores genéticos e técnicas de sequenciamento avançadas, com estudos de campo e estratégias de conservação tanto *in situ* quanto *ex situ*. Isso fornecerá informações valiosas para preservar as populações naturais de *H. speciosa*. Portanto, é importante incentivar pesquisas mais abrangentes e a implementação de medidas de conservação eficazes para proteger essa espécie.

## REFERÊNCIAS

ÁLVARES-CARVALHO, S. V.; VIEIRA, T. R. S.; DE FREITAS, B. A. L.; DE SOUZA, E. M. S.; GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R. Biodiversity hotspots for conservation of *Hancornia speciosa* Gomes. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 69, n. 6, p. 2179-2189, 2022. <<https://doi.org/10.1007/s10722-022-01368-9>>

BURLE, M. L. **Conservação de recursos genéticos vegetais na Embrapa – histórico e perspectivas futuras**. Comunicado técnico 26. Brasília, DF, março de 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/recursos-geneticos-e-biotecnologia/gp/in-situ>>.

COSTA, G. F. D.; CABRAL, P. D. S.; SILVA, F. G.; RUBIO NETO, A.; MENDONÇA, M. A. C. Clonal Fidelity and Genetic Diversity of Micropropagated *Hancornia speciosa* Gomes (*Apocynaceae*) as Evaluated by Molecular Markers. **Forests**, v. 13, 1645, 2022. <<https://doi.org/10.3390/f13101645>>

COSTA, D. F.; VIEIRA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CHAGAS, K. P. T. Genetic diversity and ISSR initiators selection in a natural population of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (*Apocynaceae*). **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 4, p. 970-976, dezembro 2015. <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-246/14>>

CHUNG, Y. S.; CHOI, S. C.; JUN, T. H.; KIM, C. Genotyping-by-sequencing: a promising tool for plant genetics research and breeding. **Hortic Environ Biotechnol** v. 58, n. 5, p. 425–431, 2017. <<https://doi.org/10.1007/s13580-017-0297-8>>

DA SILVA, A. V. C.; DOS SANTOS, A. R.; WICKERT, E.; DA SILVA JÚNIOR, J. F.; COSTA, T. S. Genetic diversity between *Hancornia speciosa* Gomes varieties. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.4, p.572-578, 2011. DOI <<http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v6i4a943>>.

DA SILVA, A. V. C.; OLIVEIRA, J. M. S.; CARDOSO, M. N.; NASCIMENTO, A. L. S.; SOARES, T. F. S.; DA SILVA JUNIOR, J. F.; MUNIZ, E. N. Collection, *ex situ* conservation and characterization of mangaba (*Hancornia speciose* Gomes) germplasm in coastal lowland of Northeastern Brazil. **Genet Resour Crop Evol.** v. 68, p. 2441–2453, 2021. <<https://doi.org/10.1007/s10722-021-01141-4>>.

ELSEVIER. (2021). **See More**. Elsevier. Scopus. Coleção central da Scopus. Internet <[https://www.elsevier.com/solutions/scopus/\(2022\)](https://www.elsevier.com/solutions/scopus/(2022))>.

FAJARDO, C. G.; COSTA, D. F. D.; CHAGAS, K. P. T. D.; VIEIRA, F. D. A. Genetic diversity in natural populations of *Hancornia speciosa* Gomes: Implications for conservation of genetic resources. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 6, p. 623-630, Nov/Dec. 2018. <<http://dx.doi.org/10.1590/1413-70542018426019018>>.

GONZÁLEZ, A.; COULSON, M.; BRETTELL, R. Development of DNA markers (ISSRs) in mango. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 575, p. 139-143, 2002. <<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.575.13> >

HAMRICK, J. L. The distribution of genetic variation within and among natural plant populations. In: SCHONE-WALD-COX, C. M.; CHAMBERS, S. H.; MACBYDE B.; THOMAS N. L. Genetics and Conservation. Menlo Park: **Benjamin Cummings**, p. 335-348, 1983.

LI, V. R.; ZHANG, Z.; TROYANSKAYA, O. G. CROTON: an automated and variant-aware deep learning framework for predicting CRISPR/Cas9 editing outcomes. **Bioinformatics**, v. 37, n. Supplement\_1, p. i342-i348, 2021.

LUIZ EVERSON DA SILVA, WANDERLEI DO AMARAL E MARCOS MACHADO DA SILVA. "Conservação de recursos genéticos: a pesquisa com plantas medicinais no litoral do Paraná." **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 2020. Web.< <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20180299r1vu2020L1AO> >.

MARTINS, G. V., MARTINS, L. S. S., VEASEY, E. A., LEDERMAN, I. E. e SILVA, E. F. Diversity and genetic structure in natural populations of *Hancornia speciosa* var. *speciosa* GOMES in northeastern Brazil. **Revista Brasileira Fruticultura**., Jaboticabal - SP, v. 34, n. 4, p. 1143-1153, dezembro 2012. < <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400023> >

MARINHO, D. G., ALVIANO, D. S., MATHEUS, M. E., ALVIANO, C. S., FERNANDES, P. D. The latex obtained from *Hancornia speciosa* Gomes possesses anti-inflammatory activity. **J Ethnopharmacol**. v. 135, n. 2, p. 530-537, 2011.PMID: 21463669. < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2011.03.059>> .

MELO, J. T. DE. **Bancos ativos de germoplasma de pequi, mangaba e pitaya da Embrapa Cerrados** / José Teodoro de Melo, Nilton Tadeu Vilela Junqueira, Fábio Gelape Faleiro. – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

MIMURA, M.; YAHARA, T.; FAITH, D. P.; VÁZQUEZ-DOMÍNGUEZ, E.; COLAUTTI, R. I.; ARAKI, H.; ... HENDRY, A. P. Understanding and monitoring the consequences of human impacts

on intraspecific variation. **Evolutionary Applications**, v. 10, n. 2, p. 121-139, 2017. <<https://doi.org/10.1111/eva.12436> >

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; VENKOVSKY, R.; NAVES, R. V.; AGUIAR, A. V.; MOURA, M. F. Genetic structure of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) populations in the Cerrado region of central Brazil. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 3, p. 473-481, 2011. <<http://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/19185> >

NETO, R. D. V.; CINTRA, F. L. D.; LEDO, A. S. DA; SILVA JUNIOR, J. R.; COSTA, F. L. S.; SILVA, A. A. G. DA; CUENCA, M. A. G. **Sistema de produção da mangaba para os tabauleiros costeiros e baixadas litorâneas. Embrapa Tabuleiros Costeiros**, Sistemas de Produção, 2. Nov, 2007. <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/867269>>

NUNES, V. V.; SILVA-MANN, R.; SOUZA, J. L.; CALAZANS, C. C. Geno-phenotypic diversity in a natural population of *Hancornia speciosa* Gomes: implications for conservation and improvement. **Genet Resour Crop Evol**, v. 68, p. 2869-2882, 2021. <<https://doi.org/10.1007/s10722-021-01160-1>>.

OLIVEIRA, K. S.; ALOUFA, M. A. I. Knowledge, use, and management of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) by extrativist communities on the coast of Rio Grande do Norte, Northeast Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 35, p. 276-289, 2021. <<https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0108> >

OLIVEIRA, M. V. D. F.; DELGADO, O. T.; CEDRO, W. L.; RIVERA, Y. R.; SOLOVIEVA, Y.; PEIXOTO, C. M.; CHIOMENTO, J. L. T. Melhoramento genético e biotecnologia vegetal aplicados à fruticultura: uma revisão sistemática. **OPEN SCIENCE RESEARCH VIII**, v. 8, n. 1, p. 39-50, 2022. <<http://dx.doi.org/10.37885/221111055> >

OpenAI. **Chatbot GPT-3.5**. Acesso em: 10 de julho de 2023. Disponível em: <<https://www.openai.com/gpt-3/>>.

PÁDUA, J. G. S. Conservation of Crop Genetic Resources in Brazil in the Context of the Target 9 of the Global Strategy for Plant Conservation. **Rodriguésia** v. 69, n. 4, p. 1557-1565, 2018. <<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201869406>> .

PEREIRA, A. B., VERÍSSIMO, T. M., OLIVEIRA, M. A., ARAUJO, I. A., ALVES, R. J., BRAGA, F. C. Development and validation of an HPLC-DAD method for quantification of bornesitol in extracts from *Hancornia speciosa* leaves after derivatization with p-toluenesulfonyl chloride. **J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci**. 2012 Mar 1;887-888:133-7.



Epub 2012 Jan 25. PMID: 22333437. <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jchromb.2012.01.009>>.

RAPOSO, A., MARTINS, K., CIAMPI, A. Y., WADT, L. H. D. O., & VEASEY, E. A. Diversidade genética de populações de andiroba no Baixo Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1291-1298, 2007. < <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900011>>

SÁ, A. D. J.; LÉDO, A. D. S.; LÉDO, C. A. D. S. Conservação *in vitro* de mangabeira da região nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 41, p. 57-62. 2011. < <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000100010> >

SANTOS, P. A. A.; PAIVA, R.; SILVA, L. C.; SOUZA, A. C.; SANTANA, M. C.; SILVA, D. P. C. Cryopreservation of the mangaba tree (*Hancornia speciosa* Gomes): a protocol for long-term storage. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 37, p. 289-296, 2015. < <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i3.19573> >

SANTOS, M. V. F.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, D. de. Biodiversidade e conservação de frutíferas nativas: o caso da mangabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, pág. 635-642, jun. 2010.<<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v32n2/a24v32n2.pdf>>

SARTOR, F. R.; MORAES, A. M. de & ALMEIDA, F. A. C. Técnicas para criopreservação de gemas de mangabeira. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 3, n. 1, p. 31-39, 2012. < [https://web.archive.org/web/20180420171428id\\_/http://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/viewFile/339/296](https://web.archive.org/web/20180420171428id_/http://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/viewFile/339/296)>

SCIELO Brasil, 2021 **See More**. Elsevier. Scopus. Coleção central da Scopus. Internet. < [https://www.scielo.br/\(2022\)](https://www.scielo.br/(2022)) >

SILVA JUNIOR, J. F. A cultura da mangaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1. Abr 2004. <<https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000100001>>.

SOARES, A. N. R.; VITÓRIA, M. F.; NASCIMENTO, A. L. S.; LEDO, A. S.; RABBANI, A. R. C. & SILVA, A. V. C. Genetic diversity in natural populations of mangaba in Sergipe, the largest producer State in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, n. 3: gmr.15038624, 2016. <<http://dx.doi.org/10.4238/gmr.1503862>>.

VALADARES, B. L. B. **Genética Básica**/ Bruno Lassmar Bueno Valadares, Edilson Divino de Araújo, Silmara de Moraes Pantaleão. - São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011.

VIEIRA, M. C., SOUZA, E. R. B., PAULA, M. S. P., NAVES, R. V., & SILVA, G. D. Mangabeira fruits (*Hancornia speciosa* Gomes): a promising fruit of Brazil. **Scientific Electronic Archives** Issue ID: Sci. Elec. Arch. V. 10, n. 2, April 2017. < <https://doi.org/10.36560/1022017354>>

WICKERT, E., LEMOS, E. G. D. M., PEREIRA, F. M., & MAYER, N. A. Marcadores fAFLP na caracterização de três genótipos de umezeiro selecionados como porta-enxertos para pessegueiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1741-1746, 2007.

WILLIAMS, J. G., KUBELIK, A. R., LIVAK, K. J., RAFALSKI, J. A., & TINGEY, S. V. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. **Nucleic acids research**, v. 18, n. 22, p. 6531-6535, 1990. < <https://doi.org/10.1093/nar/18.22.6531>>

WUNSCH, A.; HORMAZA, J. I. Cultivar identification and genetic fingerprinting of temperate fruit tree species using DNA markers. **Euphytica**, v. 125, p. 59-67, 2002. < <https://doi.org/10.1023/A:1015723805293>>

## Capítulo 10

### FATORES PRÉ E PÓS-COLHEITA QUE AFETAM A QUALIDADE FINAL DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Genilza Almeida da Graça<sup>1\*</sup>, Idamar da Silva Lima<sup>1</sup>, Júlio Renovato dos Santos<sup>1</sup>, Anna Beatriz Nogueira de Araújo<sup>1</sup>, Wendel de Melo Massaranduba<sup>1</sup>, Marielly Rodrigues Santos<sup>1</sup>, Pryanka Thuyra Nascimento Fontes<sup>1</sup>, Mariana Alves Vieira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão – SE, e-mail: [almeidagenilza@hotmail.com](mailto:almeidagenilza@hotmail.com)

#### INTRODUÇÃO

A qualidade final de frutas e hortaliças é um aspecto crucial tanto para os produtores agrícolas quanto para os consumidores finais. A jornada que esses produtos empreendem, desde seu cultivo até chegar à mesa, é influenciada por uma série de fatores pré e pós-colheita. Esses elementos desempenham papéis fundamentais na determinação da aparência, sabor, textura e valor nutricional das frutas e hortaliças, impactando diretamente a satisfação do consumidor e a rentabilidade dos produtores.

Na fase pré-colheita, as decisões relacionadas ao manejo do cultivo exercem um impacto significativo na qualidade final dos produtos. Fatores como escolha da variedade, práticas de adubação, irrigação adequada e controle de pragas e doenças desempenham um papel vital. A seleção criteriosa de variedades adaptadas às condições locais e a implementação de boas práticas agrícolas são essenciais para garantir um ponto de partida sólido para a produção de frutas e hortaliças de alta qualidade.

O momento da colheita é um aspecto crítico que também se enquadra nos fatores pré-colheita. Colher os produtos no estágio de maturação ideal contribui para a preservação de suas características sensoriais e nutricionais. A escolha do momento certo é uma interseção complexa entre o tipo de cultura, condições climáticas e conhecimento aprofundado do produtor sobre o ciclo de vida da planta. O aprimoramento dessas práticas contribui diretamente para a obtenção de produtos mais saborosos e nutritivos.

A transição para os fatores pós-colheita marca o início de uma fase crítica na preservação da qualidade. O armazenamento adequado, controle de temperatura, umidade e atmosfera, assim como o manuseio cuidadoso durante o transporte, são elementos-chave que determinam a durabilidade e a integridade dos produtos. Tecnologias modernas de armazenamento refrigerado e embalagens inovadoras desempenham um papel crucial nessa etapa, permitindo a expansão dos mercados e a redução do desperdício.

Os desafios pós-colheita também incluem a gestão eficiente do processamento e distribuição. A rápida movimentação de frutas e hortaliças da fazenda para o mercado é vital para garantir sua frescura e, por conseguinte, sua qualidade. Iniciativas de logística eficazes, cadeias de frio bem estabelecidas e sistemas de distribuição ágeis são aspectos cruciais que influenciam diretamente a qualidade final dos produtos.

Nesta exploração dos fatores pré e pós-colheita que afetam a qualidade final de frutas e hortaliças, é essencial compreender a complexidade e a interconexão desses elementos. Cada decisão, desde a seleção da semente até a disposição nas prateleiras dos supermercados, desempenha um papel vital na determinação da experiência sensorial e nutricional que os consumidores terão ao desfrutar desses alimentos. A busca por práticas sustentáveis e inovações contínuas em todas as etapas da cadeia de produção é fundamental para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que moldam o cenário da produção de frutas e hortaliças de alta qualidade.

## **FATORES AMBIENTAIS**

Os fatores ambientais e as características climáticas de cada região refletem na dinâmica das atividades desenvolvidas pela humanidade, dentre elas: Consumo de energia, risco de desastres naturais e agricultura, a qualidade máxima das frutas e hortaliças durante os processos de colheita e pós-colheita, sofrem influência de diversos fatores como a temperatura, luminosidade, pluviosidade, umidade relativa, qualidade do solo (MATTIUZ, 2007; MOURA *et al.*, 2015).

A produção e qualidade de hortaliças e frutas são afetadas por altas temperaturas e exposição a elevados índices de  $\text{CO}_2$  e ozônio (CRESTANE *et al.* 2017). Outro fator que afeta a qualidade dos vegetais é a luminosidade, pois a escassez ou abundância da luz vai limitar o crescimento e por consequência a produção de diversas espécies (LOPEZ, 2016).

As mudanças climáticas, relacionadas ao aumento da temperatura e umidade relativa, contribuem ativamente para o desenvolvimento de microrganismos que causam uma série de danos aos produtos agrícolas, como a degradação de tecidos internos, baixas temperaturas podem causar lesões, em especial em frutas e hortaliças tropicais e subtropicais, o que acarreta em uma série de prejuízos para a agricultura (DANTAS *et al.*, 2020).

As diferenças de temperatura vão atuar direta e indiretamente nos processos metabólicos e fisiológicos de frutas e hortaliças influenciando na produtividade, na respiração, conservação do aroma, sabor e de outros diversos atributos, quando elevadas, a temperaturas pode interferir absorção de nutrientes pela planta e diminuir o desenvolvimento da raiz em culturas de hortaliças (PALHARINI *et al.*, 2015; LIMA *et al.*, 2018).

A umidade relativa do ar também é um fator que pode prejudicar a qualidade pós-colheita, quando a umidade do ambiente está muito alta a transpiração pode ser afetada, em níveis ideais a umidade, pode atuar diminuindo a desidratação, interferindo nos processos de respiração e amadurecimento dos vegetais, além de diminuir a atividade microbiológica e os danos causados por lesões (NEVES, 2018).

Ainda nas alterações climáticas, os índices pluviométricos são extremamente importantes para a produção e qualidade dos vegetais. As chuvas são um fator limitante, pois beneficiam os cultivos, atuando nos processos de crescimento, amadurecimento e rendimento das plantas e a sua ausência pode ocasionar em grandes prejuízos econômicos (MOURA *et al.*, 2015). Como constatado por Higashikawa e Júnior (2017), o aumento das chuvas durante o plantio pode prejudicar o armazenamento na pós-colheita de variedades de cebola, causando o apodrecimento do bulbo, o mesmo pode ocorrer pelas altas doses de nitrogênio no solo.

A boa produtividade e qualidade de frutas e hortaliças estão diretamente ligadas a uma nutrição balanceada, a constituição do solo, a capacidade de absorção de nutrientes das culturas pode afetar na composição final do fruto, causando alterações na produtividade, no tamanho, na conservação pós-colheita e na resistência a pragas (ANJOS *et al.*, 2015; ALENCAR *et al.*, 2016).

## **TIPO DE COLHEITA**

Deve-se dar preferência aos métodos que causem menores danos aos produtos hortícolas e desta forma preservar a qualidade pós-colheita por mais tempo. No entanto, em relação ao tipo de colheita, o mais utilizado, seja em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, é a colheita manual. Este tipo de colheita possui algumas vantagens, como: não necessita de mão de obra especializada, menor investimento de capital, os frutos são colhidos no ponto ideal de maturação ou próximo a ele. Além disso, a colheita manual provoca menos danos aos produtos. (KAZAMA, 2016).

Em contrapartida, em estudos realizados por Santinato *et al.* (2015) onde foi observada a eficiência do uso da colheita mecanizada de frutos de café na primeira safra, concluíram que a colheita mecanizada do café de primeira safra promove menores danos às plantas que a colheita manual. No entanto, a colheita mecanizada de café de primeira safra necessita de colhedoras adaptadas para a obtenção de uma colheita eficiente.

## **ÉPOCA E PONTO DE COLHEITA**

A época de colheita ideal está relacionada com a cultivar, época de sementeira e o manejo da cultura, o conhecimento da época de colheita permite que os produtores alcancem maiores produtividades e ofereçam produtos com mais qualidade. As características do fruto na época da colheita determinam seu comportamento e, conseqüentemente, sua qualidade final, aceitação pelo consumidor e o valor do produto durante a comercialização. (SANCHES *et al.*, 2017). O ponto de colheita é um fator importante no processo agrícola, sendo que sua determinação adequada permite um melhor aproveitamento do produto vegetal e desta forma é possível realizar uma colheita com o mínimo de perdas e ofertar produtos com qualidade.

Como por exemplo, podemos citar a época ideal de colheita da cenoura que é em torno de 110 dias após a sementeira, pois é nesse período que há o maior rendimento da cultura apesar da redução nos teores de sólidos solúveis (CARVALHO, 2020). A forma mais segura para se estabelecer o ponto ideal de colheita é acompanhar a produção dos frutos e hortaliças desde o início do desenvolvimento até a maturação. A mudança desses estádios pode ser observada por meio de medições físicas e determinações de seus

constituintes físicos e químicos.

O ponto de colheita relaciona-se ao conjunto de atributos ou propriedades que tornam produtos agrícolas apreciados como alimento. Esses atributos, por sua vez, dependem do destino: armazenamento, consumo inatura ou processamento. (SANCHES *et al.*, 2017). Maturação: a colheita quando realizada em estádios adequados. Dematuração é um fator determinante para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutos e hortaliças. O estágio de maturação ideal para colheita depende do tempo necessário entre a colheita e o consumo ou a industrialização. Para consumo imediato, geralmente colhem-se frutas completamente maduras, porém, quando para transporte e/ou armazenagem por períodos longos, são colhidas frutos no estágio meio maduro.(GOULART *et al.*, 2017). Nos diferentes estádios de maturação é possível observar as mudanças das características físicas e químicas, sendo essas alterações, características determinantes para o consumo dos produtos hortícolas.

Dentre as mudanças observadas nos estádios de maturação pode-se citar como exemplo a diferença biométrica em frutos de umbu colhidos em diferentes estádios. Frutos de umbu colhidos no estágio verde apresentam maior massa e por consequência maior rendimento de polpa. Além da manutenção da qualidade, o conhecimento do estágio de maturação adequado possibilita o maior aproveitamento dos frutos pelas indústrias de processamento, consequentemente evitando-se maiores perdas durante a pós-colheita. (MENEZES, 2017).

## **MANUSEIO**

Para evitar maiores perdas da qualidade durante a pós-colheita deve-se adotar uma serie de medidas, como não acondicionar os produtos diretamente no solo, não deixá-los expostos ao sol, evitar colheitas sob ou após chuvas intensas, realizar a colheita nos horários mais frescos do dia, escolher o tipo de colheita adequado, ponto ideal de colheita. (SOUZA *et al.*, 2017).

## **ADUBAÇÃO E FERTILIZAÇÃO**

Dentre as praticas culturais a adequada nutrição mineral das plantas é um dos fatores que exercem grande influência na qualidade e vida pós-colheita de frutas e

hortaliças, sendo que problemas relacionados a uma nutrição inadequada pode ser provocado por excesso deficiência ou desbalanço entre nutrientes correlatos, esse fato pode ser observado em diversos trabalhos publicados na literatura e iremos abordar nesse tópico.

Adubação com nitrogênio e potássio apresentaram efeitos positivos não apenas na produtividade do melão de rendilhado, mas também contribuíram com uma melhor qualidade dos frutos, sendo observado aumento no teor e sólidos solúveis totais e uma maior espessura de polpa (SILVA *et al.*, 2010). Já NOMURA *et al.*, 2019, avaliando o efeito destes nutrientes nas características físico-químicas pós-colheita de três cultivares de banana “Prata-Anã”, “BRS Platina” e “PA94-01” não observou diferença significativas para cor da casca, teor de sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT) e razão SS / TA.

UCGUN (2016) observou que os atributos de qualidade dos frutos de cereja doce como cor do fruto e firmeza de polpa, sofreram efeitos positivos como aumento das doses de N, sendo que os valores ótimos foram obtidos com a dose de 125g de N/planta, os valores de nitrogênio no fruto também foram influenciados positivamente. Fato esse que não foi verificado na adubação com potássio, pois o aumento nas doses do nutriente não interferiu na qualidade das frutas.

Anjos *et al.* (2015) estudando o efeito da adubação com potássio na qualidade de frutos de mamão, verificou que o aumento nas doses de K aplicado via fertirrigação contribuiu com uma melhor qualidade dos frutos, influenciando em fatores com acidez e sólidos solúveis e composição de minerais como N, P e K, também foi observado uma redução no tempo de amadurecimento destes, já a firmeza não foi alterada pelo aumento das doses de K.

Silva *et al.* (2016) avaliando o efeito de doses, fontes e formas de aplicação de fósforo na qualidade de frutos de melancia e conservação pós- colheita, observaram que a massa média, comprimento, diâmetro, espessura de polpa, formato do fruto, perda de massa, firmeza de polpa e teor de licopeno, não foram afetados pelos tratamentos. Porém os teores de açúcar solúvel foram afetados pela adubação com P, sendo que o tratamento com a menor dose de 80kg.ha<sup>-1</sup> P205, aplicado em fundação proporcionou maiores valores tanto no momento da colheita quanto ao longo do processo de armazenamento, também proporcionou maior relação de sólidos solúveis e acidez titulável SS/ AT e maior SS, já a maior dose de 289 kg.ha<sup>-1</sup> P205 aplicada em fundação e cobertura com a fonte MAP, proporcionou os maiores valores de AT.



Lemiskal *et al.* (2014) avaliando a aplicação de doses de boro e formas de aplicação observaram que ocorreu um aumento na produtividade até a dose de 568g B.ha<sup>-1</sup> via foliar, após essa dose observou-se um decréscimo, já na firmeza e acidez titulável das frutas verificaram um aumento progressivo com o aumento da dose aplicada, comportamento contrario foi observado para os sólidos solúveis que foi influenciado negativamente pelo aumento das doses de boro.

Galati *et al.* (2015) trabalhando com alface hidropônica verificou que o aumento na dose de silício na solução nutritiva, contribuiu com o aumento da firmeza das folhas das alfaces minimamente processadas, deixando-as mais turgidas e conservando sua vida útil por 16 dias.

Inúmeros estudos mostram que o sistema de cultivo interfere diretamente na qualidade nutricional dos alimentos, YU *et al.* (2018), afirmam que de forma geral alimentos orgânicos possuem maior quantidade de compostos fenólicos, anticâncer e antioxidantes, como antocianinas, isoflavonas e carotenóides.

## **PODA**

A poda é uma técnica bastante explorada na agricultura principalmente em frutíferas perenes, essa prática pode ser utilizada para diversos fins como limpeza da copa, reduzindo fontes de inócuos causadores de doenças, manejo para melhorar a entrada e distribuição de luz na copa, programação da produção, indução de florescimento entre outros, podendo assim programar a produção para período mais adequados de precipitação, temperatura, umidade e insolação podendo proporcionar frutas com maior qualidade.

Bhusal *et al.* (2017) em plantio adensados de macieira observou que a poda de verão associada à aplicação de filme reflexivo aumentou a quantidade de luz em aproximadamente 25% nas partes inferiores do dossel em comparação com o grupo que não receberam tratamento algum, esse aumento na penetração da luz contribuiu com o desenvolvimento da cor, aumentou o tamanho, e o teor de sólidos solúveis nos frutos da parte inferior da copa.

Santos *et al.* (2015) avaliando o efeito da poda mecanizada em comparação a poda manual observaram que a videira conduzida sob poda mecanizada não originou vinhos

inferiores quanto ao perfil sensorial, mas os vinhos produzidos sob poda manual apresentaram perfil sensorial aromático mais desenvolvido. Santos *et al.* (2011) em experimento onde se realizou o cultivo de videiras sob dupla poda, com o intuito de se obter duas safras, uma de inverno e outra de verão, observou-se uma melhor qualidade da baga para o cultivo de inverno.

## **CASA DE EMBALAGEM**

Após a colheita, os frutos passam pelo processo de beneficiamento e de classificação que, de forma geral, ocorrem em casa de embalagem. Esses procedimentos envolvem várias etapas que viabilizam a chegada dos produtos até o consumidor final. Uma das etapas refere-se à seleção e baseia-se nos critérios de qualidade estabelecidos pelos mercados, eliminando os frutos mal formados ou com peso que não atende as especificações do mercado, devendo assegurar sua qualidade após a embalagem, para que a comercialização seja adequada. (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

Nos últimos anos devido às exigências do consumidor por produtos alimentícios com menos conservantes, mais próximos ao natural e cada vez mais seguros, o interesse em criar novas embalagens com o propósito de prolongar a vida de prateleira dos produtos acondicionados tem aumentado substancialmente. As embalagens ativas são tendências no setor alimentício em países como EUA, Japão e Austrália. A aplicação dessas embalagens já é possível para vários tipos de alimentos, mas a escolha do sistema ideal depende das características do alimento e da sua finalidade. No Brasil essas inovações têm despertado interesse de vários grupos de pesquisa (BRAGA *et al.*, 2017).

As funções de empacotamento ativo, emulsionantes, antioxidantes e agentes antimicrobianos também podem ser incorporados em soluções formadoras de filme, a fim de proteger os produtos alimentares da oxidação e deterioração microbiana (SUPUT *et al.*, 2015).

Dantas *et al.* (2015) desenvolveu um filme contendo antioxidantes a partir de polpa de manga como fonte de compostos ativos incorporados a matriz de amido de mandioca, plastificada com glicerol, e utilizou como embalagem e reduziu consideravelmente a oxidação do azeite de dendê embalado, quando comparado com as demais formulações, e com os controles, permitindo assim a sua utilização como

embalagem ativa antioxidante.

Lopes *et al.* (2018) testou o uso de revestimento comestíveis de caseína e amido e confirmou a eficiência na redução de perda de massa das goiabas e a adição do extrato de barbatimão proporcionou uma maior conservação da firmeza e sua coloração, evitando seu amarelecimento e clareamento. Sanches (2018) usou o revestimento de quitosana na pós-colheita da carambola mostrando eficiente em preservar a qualidade dos frutos por até 16 dias a 10 °C. e em concentrações de 2 e 3% resultaram em frutos mais firmes, com menor perda de massa, da coloração natural e do conteúdo de vitamina C total, além de não promover alterações quanto ao sabor através do conteúdo de sólidos solúveis, acidez titulável e pH.

## **TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO**

Considerando as condições ideais de transporte, o mais indicado é o transporte refrigerado e com o uso de embalagens, com a função de proteção da carga. O transporte refrigerado tem um custo mais elevado, por isso, ainda é pouco utilizado no Brasil para hortaliças-fruto. Em geral, as condições de transporte utilizadas não são as ideais, desse modo, essa etapa é responsável por uma porcentagem de perdas bastante elevadas, em especial pela não utilização de refrigeração e pela falta de proteção ideal da carga, sem o uso de embalagens corretas (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

A exposição contínua a altas temperaturas resulta em sintomas fitotóxicos e, em seguida, colapso total do tecido (SALTVEIT, 2016). A extensão da vida comercial e a redução das perdas pós-colheita de perecíveis frutas é baseado principalmente no armazenamento em baixas temperaturas sozinho ou em combinação com atmosferas modificadas e atmosferas controladas, dirigidas principalmente e reduzindo seu crescimento geral, retardando o amadurecimento e a senescência (BRIZZOLARA *et al.*, 2020). Neto *et al.*, (2015) observaram os frutos de abacates refrigerados tiveram um aumento da resistência à compressão de 25% maior em relação aos frutos em temperatura ambiente que tiveram sua força de ruptura reduzida.

Moreno *et al.* (2016) observaram que, independentemente do tipo de embalagem utilizada, as amostras armazenadas a 15 °C apresentaram os melhores resultados para todas as variáveis analisadas. Este efeito pode ser creditado ao efeito positivo da baixa

temperatura na diminuição da concentração de oxigênio e gás carbônico, que em geral, é essencial para a conservação das propriedades físico-químicas do repolhominamente processado. Radaelli *et al.* (2018) utilizaram atmosfera modificada com uso de filme de PVC associada à temperatura de 5 °C, permitindo armazenar frutos de ameixeira da mata por período de até 34 dias.

## **MERCADO**

Na comercialização, o processo logístico representa todo ciclo de pós- colheita até a entrega do produto ao destino final, o que envolve ações de transporte, de embalagem, de acondicionamento, de descarga, de manuseio e de colocação nos pontos de venda. Importante destacar que esse processo ocorre em um mercado diversificado, com diversos formatos atacadistas, varejistas, intermediários, consumidores finais, indústrias, restaurantes, lanchonetes, redes de supermercados etc. Portanto, são diversos segmentos e formatos de clientes a serem atendidos, em grupos que podem ser melhor qualificados em estilo de vida, renda ou classe social ou mercado popular, convencional e premium (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

São inúmeros os problemas que precisam ser analisados na escolha da estratégia mais adequada entre produzir em grandes ou pequenos volumes. A produção concentrada em apenas algumas épocas do ano dificulta a fidelização de clientes, especialmente quando se trata de grandes compradores, como redes de supermercados, restaurantes e atacadistas. Outro problema é a carência de casa de beneficiamento pós-colheita (ou packing house) para selecionar, classificar e acondicionar produtos para atender as exigências de qualidade, limpeza e embalagem. Em uma produção em grande escala, é essencial otimizar a logística, incluindo o local apropriado para armazenamento, o horário de entrega e o abastecimento para clientes, o transporte mais apropriado até o local destinado para a entrega. Por fim, a importância do marketing para definir as ações de venda e estratégias sobre diferenciação e agregação do valor influenciam nos preços e nos lucros (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2018).

## UTILIZAÇÃO DE FILMES

Na busca por aumentar a vida útil pós-colheita de frutos frescos e de outros alimentos com menor impacto ambiental, atender a demanda de indústrias que visam à produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis, bem como, de consumidores que estão valorizando aspectos relacionados a uma vida saudável, nas últimas décadas tem crescido o interesse pelo desenvolvimento de revestimentos comestíveis e/ou biodegradáveis (CARNEIRO, 2019).

Nesse sentido, os revestimentos e filmes comestíveis é essencialmente baseado numa combinação de propriedades como, barreira ao vapor de água, oxigênio, dióxido de carbono; propriedades mecânicas, como resistência à tração e alongação; propriedades térmicas, opacidade e cor, espessura e solubilidade (PINHEIRO *et al.*, 2010). De modo geral, a obtenção de revestimentos é baseada na dispersão ou solubilização dos polímeros em um solvente (água, etanol ou ácido) e acréscimo de aditivos (plastificantes agentes de liga, antimicrobianos, antioxidantes e outros) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica (GONTARD *et al.*, 1994).

Os revestimentos podem ser aplicados sobre as superfícies dos frutos e de outros alimentos, por imersão, aspersão ou pincéis, podendo também ser utilizados para a elaboração de filmes em suportes apropriados, que após a secagem originam filmes que podem ser aplicados em alguns produtos (CARNEIRO, 2019).

Os filmes podem ser preparados a partir de materiais biológicos, tais como proteínas, lipídios e polissacáridos e envolvem agentes formadores, solventes e plastificantes, entre outros reagentes que agem como uma barreira para o ambiente externo, protegendo produtos alimentares e aumentando o período de armazenamento, mantendo boa aceitação sensorial e conservando as propriedades físicas (BIERHALS *et al.*, 2011).

## TIPOS DE FILMES DE REVESTIMENTO

A escolha do filme de revestimento está diretamente relacionada a eficiência da sua ação, custos e praticidade de aplicação, em sentido alguns produtos destaca-se como as principais matéria prima para a aplicação dessa tecnologia é o caso do amido, xantana, quitosana. Os revestimentos a base de amido, por serem abundantes e possuírem baixo

custo, podem servir como alternativas viáveis para a diminuição do impacto ambiental que as embalagens sintéticas causam ao meio ambiente, devido as suas diferentes características morfológicas e funcionais, questões relacionadas à proporção e estrutura da amilose e amilopectina no grânulo de amido (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

O amido é o principal polissacarídeo de reserva das plantas superiores, produto final do processo fotossintético, está presente no interior dos cloroplastos e amiloplastos, onde é armazenado na forma de grânulos (CARNEIRO, 2019). Esse produto têm uma extensa gama de aplicações em diversos segmentos agroindustriais. Na indústria de alimentos, é utilizado como ingrediente calórico, agente umectante, ligante, espessante, melhorador de textura, formador de filmes resistentes a óleo e com boa barreira a gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (DEMIATE, 2015).

Nas últimas décadas, tem havido crescente demanda pelo uso do amido no desenvolvimento de filmes biodegradáveis e/ou coberturas para frutas e hortaliças com o intuito de criar uma barreira à difusão de vapor de água, reduzir as taxas de respiração pelos tecidos, minimizar a perda de massa e estender a vida útil pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Dentre os amidos existente a aplicabilidade de filmes de amido de mandioca, modificado quimicamente em combinação com outros polímeros naturais ou não, têm sido estudadas visando à conservação de frutas (CARNEIRO, 2019). Segundo Vicentino *et al.* (2011) observaram que a aplicação de filmes de amidoacetilado, oxidado acetilado, catiônico e esterificado apresentaram maior homogeneidade na superfície, características de interesse no que diz respeito à aplicação para coberturas de frutas.

O uso do amido na formação de filmes se baseia no princípio da gelatinização, que ocorre em determinada faixa de temperatura, em excesso de água (CARNEIRO, 2019). De acordo com Fennema (2010), para o amido de mandioca, a faixa de temperatura de gelatinização varia entre 59 a 70°C, para o de arroz vai de 65 a 73°C, havendo a necessidade de quantidade suficiente de água maior que 60%. Logo, o uso de amido torna-se um produto promissor como revestimento biodegradável de alimentos.

A xantana é um polissacarídeo de alto peso molecular, sintetizado extracelularmente através da fermentação de carboidratos por bactérias fitopatogênicas do gênero *Xanthomonas* (JANSSON *et al.*, 1975). A xantana, polissacarídeo de origem bacteriana, aliada com o amido e outros polímeros biocompatíveis, proporciona boa estabilidade as soluções e produz revestimentos (cobertura) ou filmes comestíveis com

melhores propriedades funcionais (MATTA JR *et al.*, 2011).

A quitosana é polímero natural de origem animal, derivado do processo de desacetilação da quitina, encontrada no exoesqueleto de artrópodes e insetos, na cutícula dos anelídeos e moluscos, nas paredes celulares de alguns fungos e leveduras e nas conchas de crustáceos, como, camarões, lagostas e caranguejos, sendo as cascas de crustáceos e os micélios fúngicos as principais fontes de quitina para extração industrial da quitosana (KUMAR *et al.*, 2005), sendo o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza, perdendo apenas para a celulose. Sua estrutura é composta por unidades beta (1-4) 2-amino-2-deoxi-D-glucose ou (D-glucosamina) e apresenta cadeia polimérica similar à da celulose (CARNEIRO, 2019).

O uso das soluções à base de quitosana, como revestimento ou coberturas de frutos tem se mostrado eficaz no controle de podridões fúngica e extensão da longevidade pós-colheita (CARNEIRO, 2019). Hojo *et al.* (2011) constataram que, solução filmogênica constituída com 1% de quitosana, combinada com 2% de amido, aplicada em morangos orgânicos, proporcionou redução de 5% de perda de massa nos frutos, incrementou a aparência e reduziu a contagem de leveduras psicrófilas, quando comparado com os frutos não tratados, mantidos sob refrigeração.

## **IRRIGAÇÃO**

A irrigação é uma técnica que tem por objetivo o fornecimento suplementar de água para as culturas agrícolas, com a finalidade de se obter um desenvolvimento pleno das culturas, essa técnica vem se mostrando muito eficiente a milhares de anos, proporcionando maiores produtividades, maior eficiência no uso de áreas agrícolas, maior padrão de qualidade de produtos entre outros.

Ripoll *et al.* (2016) em estudo avaliando o déficit hídrico moderado em diferentes cultivares de tomate e estágios de desenvolvimento do fruto, observou que o déficit contribuiu para a qualidade organoléptica dos frutos, porém não se observou um padrão de resposta para os períodos e cultivares. Já Coyago-Cruza *et al.* (2018) identificou que a irrigação deficitária afeta os parâmetros de qualidade comercial dos frutos de tomate cereja, porém os níveis de carotenóides efenólicos não foram afetados.

O teor de sólidos solúveis das nectarinas sob regime de irrigação deficitária foi maior do que nos frutos com irrigação total e superirrigados, mas essa diferença não se

manteve após o armazenamento em prateleira. Porém durante o armazenamento, os frutos cultivado sob irrigação deficitária apresentaram capacidade antioxidante mais estável e conteúdo fenólicosolúvel. (FALAGÁN *et.al.*, 2015).

Em estudo de meta-análise sobre o conhecimento existente sobre os efeitos avaliando os efeitos da irrigação total sem déficit e irrigação deficitária em três atributos de qualidade (sólidos solúveis totais - SST, acidez titulável - TA e pH) de frutas e vegetais, observaram que a TA e pH não sofreram influência quanto aos níveis de irrigação, já o SST apresentou diferenças significativas, sendo que o tratamento com irrigação plena apresenta valores inferiores, porém essas variações são específicas para cultura, textura do solo e frequência de irrigação (ADU *et al.*, 2019).

## **FITOSSANIDADE**

A perda de fruta durante a pós-colheita são responsáveis basicamente pela presença de doenças, podendo chegar a 75% (VENTURA, 2016). Situação que leva diversos pesquisadores a invistirem em tecnologias que possam garantir uma maior vida útil dos alimentos, buscando minimizar esses prejuízos e proporcionar aumento de oferta para os consumidores. Das doenças que mais contribui para esses prejuízos destaca-se a antracnose causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*.

Dentre as tecnologias o uso de fungicidas e produtos naturais ou filmes de revestimento surgem como algumas alternativas para o controle de doenças durante a pós-colheita. Segundo Fischer *et al.* (2018) observaram que o controle antracnose no fruto do abacate pode ser obtido com três aplicações de azoxistrobina / ano, alternando com oxiclóreto de cobre e na pós-colheita é conseguido pulverizando a fruta com capim-limão óleo essencial ou por imersão das frutas em bicarbonato de sódio e tiabendazol diluído em água, que não possui relação com o atraso no amadurecimento dos frutos. Já de acordo com Bastos e Albuquerque avaliando o efeito do óleo essencial no fruto da banana, observaram que ocorreu uma inibição do crescimento micelial e na germinação de conídios, reduzindo em 100% de inibição na germinação e no crescimento, nas concentrações de 100 µg/ml e 150 µg/ml, respectivamente.



## REFERÊNCIAS

ADU, M. O.; YAWSON, D.O.; ABANO, E.E.; ASARE, P.A.; ARMAH, F.A.; OPOKU, E.K. Does water-saving irrigation improve the quality of fruits and vegetables? Evidence from meta-analysis. **Irrigation Science**, v.37, p.669–690, 2019.

ALENCAR, R. D; LEITE, G. A; MENDONÇA, V; DE LIMA, F. V; PEREIRA, G. A; DE FARIAS, W. C. Adubação potássica na produção e qualidade pós-colheita de goiaba “Paluma” no semiárido potiguar. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 1, p. 139-148, 2016.

ANJOS, D.C.; HERNANDEZ, F.F.F.; COSTA, J.M.C.; CABALLERO, S.S.U.; MOREIRA, V.O.G. Fertilidade do solo, crescimento e qualidade de frutos de mamoeiro. **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**. v. 46, n. 4, p. 774-785, 2015.

BASTOS, C.N. & ALBUQUERQUE, P.S.B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotrichum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 555-557. 2004

BHUSAL, N.; HAN, S.-G.; YOO, T.-M. Summer Pruning and Reflective Film Enhance Fruit Quality in Excessively Tall Spindle Apple Trees. *Hortic. Environ. Biotechnol.* v.58, n.6, p.560-567. 2017.

BIERHALS, V. S.; CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Effect of Cassava Starch Coating on Quality and Shelf Life of Fresh-Cut Pineapple (*Ananas Comosus* L. Merrill cv “Pérola”). **Journal of Food Science**, v. 76, n. 1, p. 62–72, 2011.

BRAGA, L. R.; SILVA, F. M.; Embalagens ativas: uma nova abordagem para embalagens alimentícias. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 8 n.4, p. 170-186, out./dez. 2017.

BRANDÃO FILHO, J.U.T., FREITAS, P.S.L., BERIAN, L.O.S., and GOTO, R., comps. **Hortaliças-fruto. Maringá**: EDUEM, 2018, 535 p. ISBN: 978-65-86383-01-0.

BRIZZOLARA, S., MANGANARIS, G.A., FOTOPOULOS, V., WATKINS, C.B.; TONUTTI, P.; Primary Metabolism in Fresh Fruits During Stage. **Frontiers in Plant Science**, V.11(80). 2020.

BRUNETTO, G.; CELLA, C.; MIOTTO, A.; GIROTTO, E.; LORENSINI, F.; BRACKMANN, A. Fruit yield and composition in orange trees cv. 'Lane Late' in response to nitrogen

fertilization in Sandy Typic Hapludalf soil. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 11, p. 1932-1938, 2017.

CARDEÑOSA, V.; MEDRANO, E.; LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M.C.; CUEVAS, F.; PRADAS, I.; MORENO-ROJAS, J.M. Effects of salinity and nitrogen supply on the quality and health-related compounds of strawberry fruits (*Fragaria × ananassa* cv. Primoris). **J Sci Food Agric**. v. 95, p. 2924–2930, 2015.

CARNEIRO, LUCIA CESAR. **Revestimentos à base de amido na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce e goiabas paluma**. 2019, 142 f. Tese (Doutorado) (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel) - Universidade Federal de Pelotas, 2019.

CARVALHO, AGNALDO FERREIRA DE, SILVA, GIOVANI OLEGARIO DA, E MAGALHÃES, CAROLINE DA CRUZ. (2020). Rendimento e qualidade de cultivares de cenoura em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira** , v. 38, n. 3, p. 319-323. Epub 14 de setembro de 2020. <https://dx.doi.org/10.1590/s0102-053620200313>

CHITARRA, M. I, F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: ESAL:FAEPE, p. 783. 2005.

COYAGO-CRUZA, E.; CORELLA, M.; MORIANAA, A.; HERNANZ, D.; BENÍTEZ-GONZÁLEZ, A.M.; STINCO, C.M.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.J. Antioxidants (carotenoids and phenolics) profile of cherry tomatoes as influenced by deficit irrigation, ripening and cluster. **Food Chemistry**, v. 240, p. 870–884, 2018.

CRESTANA, S; FOSCHINI, M. M; FERREIRA, M. Desafios da produção de frutas e hortaliças frente aos extremos climáticos-Estudo de caso da citricultura paulista. **Embrapa Instrumentação** - Capítulo em livro científico (ALICE), 2017.

DANTAS, E. A.; COSTA, S. S.; CRUZ, L. S.; BRAMONT, W. B.; COSTA, A. S.; *Escherichia coli*. **Biochemistry Journal**, v. 391, p. 167-75, 2005.

DANTAS, R. L; FERREIRA, L. S; FIGUEIRINHA, K. T; RIBEIRO, W. S. Perdas pós- colheita de frutas e hortaliças. In: ALMEIDA, E. I. B; FERRÃO, G. E; MARQUES, J.I; SOUZA, W. S. **Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças no Maranhão**. São Luís, Maranhão: Edufma, 2020. cap. 3, p. 30-40.

DEMIATE, I. M. **Aplicação do amido de mandioca nas indústrias**. <http://www.cerat.unesp.br/Home/compendio/palestras/palestra9.pdf>. Acesso em:

08/11/2020.

FALAGÁN N., ARTÉS F., GÓMEZ P.A., ARTÉS-HERNÁNDEZ F., PÉREZ- PASTOR A., DE LA ROSA J.M., AGUAYO E. Combined effects of deficit irrigation and fresh-cut processing on quality and bioactive compounds of nectarines. **Hort. Sci.** v.42, p.125–131, 2015.

FENNEMA, O. R, organizadores. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed; p. 760-815, 2010.

FISCHER, IVAN HERMAN FISCHER; MORAES, MATHEUS FROES DE MORAES; PALHARINI, PALHARINI, MARIA CECÍLIA DE ARRUDA PALHARINI; FILETI, MIRIAN DE SOUZA; CRUZ, JULIANA CRISTINA SODÁRIO CRUZ; FIRMINO, ANA CAROLINA FIRMINO. Effect of conventional and alternative products on postharvest disease control in avocados1. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, 2018.

GALATI, V.C.; GUIMARAE, J.E.R.; MARQUES, K.M.; FERNANDES, J.D.R.; CECILIO FILHO, A.B.; MATTIUZ, B.H. Silicon, in hydroponics, in postharvest American 'Lucy Brown' lettuce minimally processed. **Ciencia Rural, Santa Maria**, v. 45, n. 11, p. 1932-1938, 2015.

GERBER, J.M.; NAVA, G.; ERNANI, P. R.; CIOTTA, M.N.; AMARANTE, C.V.T.; COLDEBELLA, M.C. Quality of “Fuji Suprema” apples influenced by long-term annual addition of phosphorus to the soil. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.48, n.9, 2018.

Goulart, C., de Andrade, S. B., Bender, A., Schiavon, A. V., Lima, C. S. M., de Mello Farias, P. C., & Malgarim, M. B. (2017). Armazenamento refrigerado de pêssegos da cultivar Maciel colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, 616-626.

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, G. N. Prolongation of Shelf life of Perishable Food Products using Biodegradable Fims end Coatings. **Lebensmittel- Wissenscho und Technologie**, v. 21, n. 1-2, p. 10-17, 1996.

HIGASHIKAWA, F. S; DE MENEZES JÚNIOR, F. O. G. Adubação mineral, orgânica e organomineral: efeitos na nutrição, produtividade, pós-colheita da cebola e na fertilidade do solo. **Scientia agraria**, v. 18, n. 2, p. 1-10, 2017. <https://doi.org/10.7476/9786586383010>.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. Uso de embalagens plásticas e coberturas de

quitosana na conservação pós-colheita de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p. 377-383, 2011.

JANSSON, P. E., KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the extracellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, v. 45, p. 275- 282, 1975.

KAZAMA, E. H; FERREIRA, F. M.; SILVA, A. R. B.; FIORESE, D.A. Influência do sistema de colheita nas características da fibra do algodão. **Rev. Ceres, Viçosa**, v. 63, n. 5, p. 631-638, Oct. 2016. <https://doi.org/10.1590/0034-737x201663050006>.

LEMISKA, A. PAULETTI, V.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M.A.C. Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação de boro. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.44, n.4, p.622-628, 2014.

LIMA, M. S. S., DA SILVA BORGES, L., SANTOS, N. D. F. A., DA SILVA MELO, M. R., SOUSA, V. Q., BIRANI, S. M; GOMES, R. F. (2018). Qualidade e Produtividade Econômica De Cultivares Alface Conduzidas Nas Condições Edafo- climáticas Do Sudeste Paraense. **Revista Agroecossistemas**, 10(1), 227-240.

LOPES, A. R.; DRAGUNSKI, D. C.; CAETANO, J.; FRANCISCO, C. B.; BOMFIM JUNIOR, L. F.; Conservação de goiabas com revestimentos comestíveis de amido e caseína com extrato de barbatimão. **Engenharia na Agricultura**, v.26, n.4, p. 295-305, 2018

LOPEZ, M. A. R. **Fatores ambientais e fisiológicos relacionados à propagação assexuada do mamoeiro (*Carica papaya* L) e de espécies afins**. Orientador: OSVALDO KIYOSHI YAMANISHI. 2016. 104 f. TESE (Doutorado em Agronomia) - Doutorado, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/22758>. Acesso em: 27 out. 2020.

LORENZETTI, ELOISA LORENZETTI; SOUZA, DABLIENY HELLEN GARCIA; TARTARO, JULIANO; STANGARLIN, JOSÉ RENATO STANGARLIN; BRAG, GILBERTO COSTA BRAG. Formulado de alecrim no controle de antracnose e conservação em pós colheita de banana nanicão. **Multi-Science Journa**, Pernambuco, v. 2, n. 2, 2019.

MATTA JR, M. D.; SARMENTO, S. B. S.; DE OLIVEIRA, L. M. ZOCCHI, S. S. MATTIUZ, BENHUR. Fatores da pré-colheita influenciam a qualidade final dos produtos. **Revista Visão Agrícola**, v. 7, p. 18-21, 2007.

MENEZES, P. H. S.; SOUZA, A. A.; SILVA, E. S.; MEDEIROS, R. D.; BARBOSA, N. C.; SORIA,

D.G. Influence of the maturation stage on the physical-chemical quality of fruits of umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuaria**, Trujillo , v. 8, n. 1, p. 73-78, 2017

MOREIRA, RODRIGO AMATO; RAMOS, JOSÉ DARLAN; ARAÚJO, NEIMAR ARCANJO DE; MARQUES, VIRNA BRAGA; Produção e qualidade de frutos de pitaiavermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 762-766, 2011.

MORENO, L. B.; SCHERWINSKI, R.; SILVA, J. M. T.; SCALON, S. P. Q.; CARNEVALLI, T. O. Conservação de repolho minimamente processado sob efeito de diferentes embalagens, tempo de estocagem e temperatura. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 2, p. 68-74, abr./jun. 2016.

MOURA, Í. J. M; DOS SANTOS, D. F; DE MELO PINHEIRO, F. G; DE OLIVEIRA, C. J. (2015). Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). **Ciência e Natura**, 37(1), 3-7.

NETO, A. F.; JÚNIOR, P. S. L.; SILVA NETO, J. A.; NASCIMENTO, A. L.; OLIVIER, N. C.; Resistência dos frutos de abacate submetidos à compressão durante o armazenamento. **Engenharia na agricultura**, viçosa - MG, v. 23 n. 2, p. 119-127, 2015.

NEVES, Leandro Camargo. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. SciELO-EDUEL, 2018.

NOMURA, E.S.; CUQUEL, F.L.; DAMATTO JUNIOR, E.R.; BEZERRA, D.P.; BORGES, A.L. Post-harvest characterization of “Prata” banana cultivar grown under different nitrogen and potassium fertilization. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 4, 2019.

OLIVEIRA, B. F.; CRUZ, A. F.; ALVES, E. Cassava starch coatings for postharvest control of papaya anthracnose. **Phytopathologia Mediterranea**, v. 55, n. 2, p. 276-284, 2016.

PADILHA, F. F.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, B. A. S.; Caracterização e avaliação das propriedades antioxidantes de filmes biodegradáveis incorporados com polpas de frutas tropicais. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.45, n.1, p.142-148, jan, 2015

PALHARINI, M. C. D. A., FISCHER, I. H., VEGIAN, M. R. D. C., FILETI, M. D. S., & MONTES, S. M. N. M. Efeito da temperatura de armazenamento na conservação pós-colheita de amora-preta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 413-419, 2015.

PEREIRA, L. D.; SOUSA, L. K. F.; FERREIRA, K. B.; VALLE, K. D.; SILVA, D. F. P.; Biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita de cajá. **Engenharia na Agricultura**, v.27, n.4, p.285-292, 2019.

PINHEIRO A. C.; CERQUEIRA M. A.; SOUZA, B. W. S.; MARTINS, J. T.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares, **Boletim de Biotecnologia**, p.18-28, 2010.

RADAELLI, J. C.; PIROLA, K.; DOTTO, M.; WAGNER JÚNIOR, A.; LUCCHETTA, I. C. L.; Atmosfera modificada e temperatura de armazenamento para pós-colheita de ameixa da mata. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.2, Abr-Jun. 2018, p. 56-65. DOI: 10.5747/ca.2018.v14.n2.a206

RIPOLL, J.; URBAN, L.; BRUNEL, B.; BERTIN, N. Water deficit effects on tomato quality depend on fruit developmental stage and genotype. **Journal of Plant Physiology**, v.190, p.26-35, 2016.

SANCHES, A. G., DA SILVA, M. B., MOREIRA, E. G. S., & TRIPOLONI, F. M. Determinação do ponto de colheita e maturação em genótipo de abiu sob atmosfera modificada. **Acta Iguazu**, v. 5, n. 1, p. 31-42. 2017.

SANCHES, A.G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; CORDEIRO, C. A. M.; Preservação da qualidade pós-colheita da carambola com solução filmogênica de quitosana. **Colloquium Agrariae**, v. 14, n.2, Abr-Jun. 2018, p. 122-132. DOI: 10.5747/ca.2018.v14.n2.a212

SANTINATO, F.; SILVA, C. D.; SILVA, R. P.; RUAS, R. A. A.; FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R. Colheita mecanizada do café em lavouras de primeira safra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.1215-1219, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1215-1219>.

SANTOS, A.O.; HERNANDES, J.L.; PEDRO JUNIOR, M.J.; PEREIRA, S.E. Composição da produção e qualidade da uva em videira cultivada sob dupla poda e regime microclimático estacional contrastante. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, v. 33, n. 4, p. 1135-1154, 2011.

SANTOS, A.O.; PEREIRA, S.E.; MOREIRA, C.A. Qualidade físico-química da uva e perfil sensorial vínico para diferentes cultivares de videira submetidas à poda mecanizada. **Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal**, v.37, n.2, p.432-441, 2015.

SANTOS, RAFAEL ALVES DOS; GOMES, FÁTIMA DE SOUZA; GUARIZ, HUGO ROLDI; PORTO, THIAGO BRITO DE SOUZA. Produção e qualidade do meloeiro em sistema orgânico de produção no semiárido Baiano. **Revista Verde. Pombal**, Paraíba, v. 14, n.3, jul.-set, p.397-405, 2019

SANTOS, SARA BEATRIZ DA COSTA; SOUSA, SOLANGE DE; SOUZA, VÊNIA CAMELO DE; CRUZ, GEORGE RODRIGO BELTRÃO DA; MELO THIAGO DE SOUZA; OLIVEIRA, IVAN SÉRGIO DA SILVA OLIVEIRA. Efeitos da adubação orgânica na produção e qualidade pós-colheita de coentro (*Coriandrum sativum* L.). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, 2020.

SILVA, AC; AROUCHA, EMM; CHAVES, SWP; MEDEIROS, JF; PAIVA, CA; ARAÚJO, NO. Efeito de diferentes doses, formas de aplicação e fontes de P na conservação de melancia sem sementes. **Horticultura Brasileira**, v.34, p. 529-536, 2016.

SILVA, M. C.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; FARIAS, L. N.; Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.6, p.581-587, 2014.

SOUZA, J. M. A., ATAÍDE, E. M., & DE SOUZA SILVA, M. Qualidade pós-colheita e correlação entre características físicas e químicas de frutos de mamoeiro comercializados em Serra Talhada-PE. **Magistra**, v. 26, n. 4, p. 554-560. 2017.

SOUZA, JOÃO VICTOR GOULART DE AZEVEDO. **Qualidade pós-colheita de banana „williams“ orgânica Submetida a derivados solúveis de polissacarídeos com Nanocompostos e ao armazenamento ambiente**. 2019. Centro De Ciências Agrárias. Curso de Agronomia, MOSSORÓ, 2019.

SUPUT, D. Z.; LAZIC, V. L.; POPOVIC, S. Z.; HROMIS, N. M. Edible films and coatings – sources, properties and application. **Food and Feed Research**, Novi Sad, v.42, n.1, p.11-22, 2015.

UCGUN K. Effects of Nitrogen and Potassium Fertilization on Nutrient Content and Quality Attributes of Sweet Cherry Fruits. **Not Bot Horti Agrobo**, v. 47, p.114-118, 2019.

VICENTINO, S. L.; FLORIANO, P. A. DRAGUNSKI, D. C. 2011. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas. **Química Nova**, v.34, n. 8, p. 1309-1314, 2011.

YU, X., GUO, L., JIANG, G., SONG, Y., MUMINO, M. A. Advances of organic products over conventional productions with respect to nutritional quality and foodsecurity. **Acta Ecologica Sinica**, 38, 53–60, (2018).



## Capítulo 11

### HIDRORESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Idamar da Silva Lima<sup>1</sup>, Marcelo Augusto Gutierrez Carnellosi<sup>1</sup>, Anna Beatriz Nogueira de Araújo<sup>1</sup>, Genilza Almeida Graça<sup>1</sup>, Wendel de Melo Massaranduba<sup>1</sup>, Marielly Rodrigues Santos<sup>1</sup>, Mariana Alves Vieira<sup>1</sup>, Daniela Almeida de Assunção<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão – SE, e-mail: [idadamaragro@hotmail.com](mailto:idadamaragro@hotmail.com)

#### INTRODUÇÃO

Segundo a FAO (2022) o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas sendo superado apenas pela China e Índia, esses três países apresentam uma participação de 45,9% do total mundial, o Brasil possui 3,3% de toda a área uma área plantada no planeta, com uma produção de 4,6%. Segundo o IBGE, (2017) o Brasil possui uma área plantada de aproximadamente 2.596200 ha, com uma produção de aproximadamente 41293 mil toneladas, tendo como principais frutas produzidas no país a laranja, banana, açaí e uva, com uma produção de 16707,9; 6637,3; 1478,6; 1435,6 mil toneladas e área plantada de 574,6; 457,0; 221,5; 74,4 mil hectares respectivamente.

No ano de 2021 o Brasil bateu um recorde histórico com mais de US\$ 1,21 bilhão em exportação de frutas, com volume de exportação de aproximadamente 1,24 milhão de toneladas, a demanda internacional aquecida, clima favorável aos cultivos, a qualidade dos produtos e os novos mercados são fatores que favorecem o aumento das vendas externas, (SECEX, 2022). As frutas mais exportadas pelo Brasil são manga, melões, limões e limas, melancia, banana, macas e uvas, ao longo dos 3 últimos anos 2019/21/21 observa-se um aumento nas quantidades exportadas destes produtos.

Segundo o censo agropecuário realizado pelo IBGE (2017), o Brasil possui um total de 34855 estabelecimentos agropecuários que atuam com horticultura, sendo a região nordeste a que apresenta o maior número de estabelecimentos 137877, seguida pelo sudeste e sul com 94170 e 55562 estabelecimentos respectivamente. As hortaliças mais produzidas no Brasil são, mandioca tomate batata-inglesa e cebola com uma área plantada de 1234,5; 52,1; 117,3; 47,5 mil hectares e produção de 18205,1; 3753,6; 3767,8;

1495,6 respectivamente. Esse ramo da produção agrícola apresenta extrema importância econômica e social, devido ao retorno financeiro e alta demanda de mão de obra por área plantada.

As frutas e hortaliças são produtos considerados de alta perecibilidade, no Brasil estima-se que as perdas pós-colheita, ou seja, da colheita até a mesa do consumidor, podem atingir até 40% das frutas e hortaliças produzidas, perdas essa que podem ser de natureza quantitativa ou qualitativa, ocasionando uma redução no seu valor comercial dos produtos (RINALDI, 2015). Diversos fatores podem contribuir com essas perdas, desde uso de técnicas inadequadas ou a não aplicação de nenhuma técnica de conservação, colheita de forma inadequada, embalagens não projetadas para o produto, dimensões do nosso país, transporte e armazenamento inadequado entre outros fatores, que contribuem diretamente com a perda de qualidade.

Para CENCI (2006), a qualidade de frutas e hortaliças envolve um conjunto de atributos como: aparência visual (frescor, cor, defeitos e deterioração), textura (firmeza, resistência e integridade do tecido), sabor e aroma, valor nutricional e segurança do alimento fazem parte do conjunto de atributos que definem a qualidade.

A refrigeração é uma das técnicas mais conhecida e utilizada na conservação de frutas e hortaliças, traz vários benefícios na manutenção da qualidade dos produtos, principalmente em um país tropical como o nosso que apresenta altas temperaturas, contribuindo assim com a manutenção da qualidade, maior vida útil e redução significativa das perdas.

As tecnologias de resfriamento rápido fazem parte da cadeia do frio, podendo ser definida como o conjunto de sistemas e equipamentos que garantem aos produtos se manterem à temperatura e umidade relativa adequadas, da colheita até a comercialização. O objetivo deste estudo foi realizar pesquisa bibliográfica relacionada as tecnologias de resfriamento rápido, com ênfase no hidrorresfriamento, trazendo aplicações, vantagens e desvantagens e integração com outros métodos de conservação.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **Vida útil do produto**

Segundo TERUEL (2008), A vida útil de frutas e hortaliças é o período que compreende desde a colheita até a comercialização com o consumidor final, em que os

produtos mantêm os padrões de qualidade exigidos pelo mercado. A vida útil de armazenamento de frutas e hortaliças tem comportamento inversamente proporcional com a taxa de respiração, a respiração esta diretamente relacionada a taxa de processos metabólicos diretamente relacionados a perda de qualidade, como firmeza, teor de açúcar, aroma e sabor (SALTVEIT, 2016).

Varia técnicas podem contribuir com o aumento da vida útil das frutas e hortaliças que vão desde a utilização de técnicas de resfriamento rápido, armazenamento refrigerado, atmosfera modificada, atmosfera controlada, processamento mínimo, uso de filmes comestíveis, congelamento e tratamentos térmicos (JACOBI *et al.*, 2000, apud TERUEL, 2008).

Produtos como frutas e hortaliças, em geral possuem estruturas sub-celular e celular frágeis, alta atividade de água, metabolismo acelerado e com elevada carga microbiana, a aplicação de tecnologias de resfriamento podem contribuir para atenuar a velocidade dessas alterações, (TERUEL, 2008).

### **Resfriamento Rápido**

O resfriamento rápido tem a função de reduzir a atividade metabólica do vegetal, retardando assim a senescência e o processo de maturação, diminuir a atividade dos microrganismos e reduzir as perdas de água do vegetal. O produto geralmente é resfriado até sua temperatura de armazenamento em instalações projetadas para remover rapidamente o calor do produto.

Essa técnica apresenta extremamente importante no manejo pós-colheita de produtos que possuem alta atividade metabólica, como, brócolis, couve-flor, milho verde, tomate, etc. Essa operação de resfriamento rápido é utilizada com o intuito de prolongar a vida de prateleira do produto, inibir o crescimento de microrganismos e reduzir a perda de água. As hortaliças dever ser refrigeradas o mais rápido possível, em média, a cada 10 °C de elevação de temperatura de armazenamento de um produto, a taxa de deterioração aumenta de duas a três vezes (MORAES, 2021). Entre as técnicas de resfriamento rápido podemos citar, ar frio, ar frio forçado, resfriamento a vácuo e hidrorresfriamento por aspersão ou imersão com ou sem gelo.

## Hidroresfriamento

O hidroresfriamento pode ser considerado um método simples prático e eficiente, consiste na utilização de água gelada para reduzir a temperatura do produto antes deste se lavado a refrigeração, removendo o calor de campo de produtos recém-colhidos, a fim de retardar os processos metabólicos e reduzir a deterioração. Na realização da técnica de hidroresfriamento pode-se usar aspersão ou imersão do em água gelada. A utilização do gelo na água aumenta ainda mais as vantagens do resfriamento, pois eleva a capacidade de refrigeração, fornecendo a manutenção da temperatura de forma prolongada (CORTEZ e VIGNEAULT, 2002).

O tempo de resfriamento está diretamente relacionado à eficiência dos sistemas de resfriamento rápido seja em processos comerciais ou experimentais (TERUEL, 2008). Em projetos de sistemas de hidroresfriamento a especificação dos parâmetros do processo requer uma estimativa precisa dos tempos de realização do processo em frutas e vegetais. Para frutas e vegetais de formato regular com propriedades termofísicas constantes, condições iniciais uniformes, condições externas constantes e uma temperatura de superfície prescrita, a equação de condução de calor de Fourier, permite a estimativa de tempos de hidroresfriamento, já para frutas com formato irregular com propriedades termofísicas dependentes da temperatura ou outros fatores complicadores, não é possível derivar soluções analíticas exatas para o tempo de hidroresfriamento por essa equação, (BECKER; FRICKE, 2002).

Quanto ao tempo necessário no processo de hidroresfriamento podemos citar dois termos importantes, relacionados a taxa de resfriamento: tempo de meio resfriamento ( $T_{1/2}$ ), e o tempo de sete oitavos de resfriamento ( $T_{7/8}$ ) (CARNELOSSI *et al.*, 2013). Onde: Tempo de meio resfriamento ( $T_{1/2}$ ): pode ser definido como o tempo necessário para reduzir para metade a diferença de temperatura, entre a temperatura inicial do produto e a temperatura do meio de resfriamento (THOMPSON *et al.*, 1998). Tempo de sete oitavos de resfriamento ( $T_{7/8}$ ): tempo de necessário para resfriar o produto até 7/8 da diferença entre a temperatura inicial e do meio de resfriamento (TERUEL, 2008 apud. ASHRAE, 1998).

Em estudo de hidroresfriamento de frutos de tomate contataram que o resfriamento lento, no caso de um coeficiente de transferência de calor mais baixo, reduz a infiltração de água uma vez que os gradientes de pressão desenvolvidos são menores.

Frutos mais hidratados, ou seja, aquele que não sofreram alta desidratação apresentaram menos infiltração de água, a infiltração em um tomate mais seco pode ser reduzida com resfriamento mais lento (WARNING, *et al.*, 2016).

Em processo de hidroresfriamento de frutos de cajus a 5°C, com temperatura do fruto no início do processo de 21°C, atingindo a temperatura de armazenamento ( $T_{7/8}$ ) foi atingida após 29 min de imersão (SENA, 2019a). Como ponto negativo ao hidrorresfriamento pode ser acúmulo de microrganismos na água, pois com o intuito de economizar energia e reduzir custos, muitas operações, a água é recirculada dentro do sistema, podendo assim resultar em uma maior deterioração e potencial doença transmitida por alimentos. A adição de uma desinfetante a água de hidroresfriamento, pode ser uma alternativa para reduzir o risco de contaminação cruzada, (TOKARSKYY, *et al.*, 2015).

Warning *et al.* (2016), em estudo de hidroresfriamento de tomates constataram que a diferença de temperatura entre o tomate e o meio de resfriamento afetou significativamente a quantidade de água infiltrada e conseqüentemente a penetração de bactérias, causado principalmente pelo fluxo devido ao gradiente de pressão entre o meio e o fruto, já quando não existe um gradiente de temperatura a infiltração pode ocorrer simplesmente devido à difusão. Nesse estudo também foi verificado que o teor de umidade inicial e tamanho dos frutos afetaram diretamente a infiltração de água e conseqüentemente a penetração de bactérias.

Souza *et al.* (2017) estudando o efeito do tempo de exposição ao hidroresfriamento a 5°C visando a conservação pós-colheita de coentro cultivar “Verdão”, verificou um efeito positivo na conservação do produto, podendo ser uma alternativa barata na conservação desta hortaliça. A aplicação da técnica durante 15 min promoveu uma manutenção na qualidade físico-química até o 8º dia de armazenamento. Já Oliveira *et al.* (2015) trabalhando com a mesma espécie, porém a cultivar ‘Português’ observou pré-resfriamento com água gelada retardou a perda de água possivelmente por permitir a absorção da mesma durante a imersão, porém acelerou a degradação da clorofila, portanto, o tratamento não foi eficiente na conservação do produto.

O uso do hidroresfriamento contribuiu com uma redução na perda de água, mantendo o balanço hídrico das folhas superior aos demais tratamentos, também não foram observadas alterações visuais na coloração das folhas, fato que foi confirmado pela manutenção no teor de clorofila ao logo do período de armazenamento de cebolinha pré-

resfriada e armazenadas a 12° C, outro fato observado foi a redução da perda de massa (TRAVASSOS *et al.*, 2017).

França *et al.* 2015 concluíram que o hidrosfriamento a 4°C por 5 minutos, seguido de armazenamento a 5°C, da cultivar de alface do tipo lisa e 'Vitoria de Santo Antônio', pode ser utilizada de forma eficiente em manter o balanço hídrico das folhas, promovendo uma maior vida de prateleira, já parâmetro como, teores de clorofila, açúcares solúveis totais, redutores, não redutores e amido das folhas em nenhuma das temperaturas de armazenamento, sofreram efeito com a aplicação da técnica.

A imersão de cabaças de alface americana 'Lucy Brown' com temperatura entre 20° e 22° C em água a 4° C por um período de 10min, foi suficiente para remoção do calor de campo, esse procedimento retardou a murcha das folhas externas em três e dois dias sub armazenamento à 5 e 22°C, respectivamente, também atuou na redução da perda de clorofila ao longo do período de armazenamento.

Sena *et al.* (2019b), em estudo desenvolvido na Universidade Federal de Sergipe, avaliando o efeito do resfriamento rápido por imersão em água a 5° C, combinado com revestimento comestível, associado ao cálcio, concluiu que o hidrosfriamento foi eficaz na redução da atividade da peroxidase, no retardo da perda de peso, na maior conservação do teor de vitamina C, cor, carotenoides e antocianinas e, conseqüentemente, no retardo da perda da qualidade visual, aumentando assim a vida útil do produto. Liang *et al.* (2013), avaliando a perda de antocianinas em litchas ao longo do processo de armazenamento verificou que os frutos hidrosfriados apresentaram menor redução deste pigmento.

Frutos de pêssego das cultivares "Chimarrita" e "Chiripá" submetidos ao hidrosfriamento a 5° C durante 3 min, apresentaram maior perda de água quando comparado aos frutos que foram direto para o armazenamento, após a colheita (SEIBERT *et al.*, 2007). O procedimento de hidrosfriamento reduziu a incidência da podridão parda em 10% na nectarina cultivar 'Pp 100' inoculada com *Monilinia laxa*, 2 e 24 h antes desta operação, porém na cultivar 'Fantasia' a incidência não foi reduzida. Já quando o hidrosfriamento foi realizado com a presença de sanitizante na água (40 mg L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sódio) reduziu a incidência de podridão parda em 50–77% em nectarinas inoculadas 2h antes do procedimento (BERNAT *et al.*, 2017).

### **Integração com outras técnicas**

A combinação de hidrosfriamento e imersão em solução de  $\text{CaCl}_2$  a 2% demonstrou ser uma técnica eficaz para retardar a perda de qualidade e prolongar a vida útil dos cajus durante o armazenamento refrigerado (SENA, *et al.* 2017).

Uma das vantagens do resfriamento rápido por imersão é a possibilidade de sanitização ao mesmo tempo em que se realiza o resfriamento (ALLAIS *et al.*, 2009). TOKARSKYY *et al.* (2015) em estudo avaliando o uso de sanitizantes adicionados a água do processo de hidrosfriamento de pseudofrutos de morango, indicam que os antimicrobianos hipocloritos de sódio ( $\text{HOCl}$ , 100  $\mu\text{L/L}$ ), e ácido peroxiacético (PAA, 80  $\mu\text{L/L}$ ) são eficazes na redução da contaminação da superfície dos morangos durante o hidrosfriamento.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O Brasil desempenha um papel relevante na produção de frutas e hortaliças, sendo esses produtos essenciais para a economia e a alimentação da população. No entanto, as perdas pós-colheita representam um desafio significativo, afetando tanto a economia quanto o suprimento de alimentos frescos.

O resfriamento rápido, com destaque para o hidrosfriamento, surge como uma estratégia crucial na conservação desses produtos. Reduz a atividade metabólica, prolonga a vida útil, inibe o crescimento de microrganismos e minimiza a perda de água, mantendo a qualidade desejada.

A integração de técnicas, como a imersão em soluções específicas, pode fortalecer ainda mais a eficácia do hidrosfriamento e contribuir para a redução da contaminação. As pesquisas demonstram resultados promissores em várias culturas, mostrando o potencial dessas abordagens. No entanto, é essencial enfrentar os desafios, como o acúmulo de microrganismos na água recirculada, por meio de soluções de desinfecção. A pesquisa contínua é fundamental para aprimorar as técnicas e garantir a qualidade e segurança dos produtos.

## REFERÊNCIAS

- ALLAIS, IRÈNE; LÉTANG, GUY. INFLUENCE of mist-chilling on post-harvest quality of fresh strawberries Cv. Mara des Bois and Gariguette. **International Journal of Refrigeration**, v. 32, n. 6, p. 1495–1504, 2009.
- BASÍLIO, S. DE A.; MOREIRA, E.G. S.; MILAN, M. D.; SILVA, I. C.; ARRUDA, N., BENETT, K. S. S. Conservação e qualidade pós-colheita de rúcula com uso de hidroresfriamento. **Anais do V Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG (CEPE)**, v.5, p.5, 2018.
- BECKER, BRYAN R.; FRICKE, BRIAN A. Hydrocooling time estimation methods. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 29, n. 2, p. 165–174, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0735-1933\(02\)00307-X](https://doi.org/10.1016/S0735-1933(02)00307-X)
- BERNAT, M.; SEGARRA, J.; CASALS, C.; TEIXIDÓ, N.; TORRES, R.; USALL, J. Relevance of the main postharvest handling operations on the development of brown rot disease on stone fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 15, p. 5319–5326, 2017. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8419>
- CARNELOSSI, MARCELO A.G.; SARGENT, STEVEN A.; BERRY, ADRIAN D. Influence of Clamshell Position and Size on Strawberry Fruit Cooling Rate Using Forced-air Cooling. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 126, p. 196–199, 2013. < <http://journals.fcla.edu/.../80564> >
- CENCI, S. A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: NASCIMENTO NETO, Fenelon. (Org.). **Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar**. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 67-80, 2006.
- CORTEZ, L. A. B.; VIGNEAULT, C. Método de resfriamento rápido com gelo. In: CORTEZ, L. A. B. et al. (Eds.) **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Embrapa Hortaliças. p. 284-310, 2002.
- FAO- **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: < <https://www.fao.org/home/en/>>. Acesso em:01/06/2022.
- FRANÇA, C. F.; RIBEIRO, W. S.; SILVA, F. C.; COSTA, L. C.; RÊGO, E. R.; FINGER, F. L. Hydrocooling on postharvest conservation of butter lettuce. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 383–387, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000300018>



FRANÇA, C. F. M.; SANTOS, M. N. S.; RIBEIRO, W. S.; CECON, P. R.; FINGER, F. L. Shelf life of iceberg lettuce affected by hydro cooling and temperature of storage. **Advances in Horticultural Science**, v. 32, n. 3, p. 319–324, 2018.

<https://www.jstor.org/stable/26613260>

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria>. Acesso em: 01/06/2022.

LIANG, Y. S.; WONGMETHA, O.; WU, P. S.; KE, L. S. Influence of hydrocooling on browning and quality of litchi cultivar Feizixiao during storage. **International Journal of Refrigeration**, v. 36, n. 3, p. 1173–1179, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.11.007>.

MORAES, INGRID V. M. Conservação de hortaliças: Instruções para conservação de hortaliças e legumes. **Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT**, p. 39, 2006.

OLIVEIRA, L. S.; SILVA, T. P.; FERREIRA, A. P.; PEREIRA, A. M.; FINGER, F. L. Efeito do hidrosfriamento na conservação pós-colheita de coentro. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 448–452, 2015. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000400007>

TRAVASSOS PIMENTEL, A.; NUNES SILVA, E.; PEDROZA CRUZ, R. R.; DELFINO MOUZINHO SOARES, C. R.; DE SOUZA MACEDO, J. F.; SOUTO RIBEIRO, W. Hidrosfriamento na conservação pós-colheita de cebolinha. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 2, 2017. <https://doi.org/10.21206/rbas.v7i2.396>

RINALDI, M.M. Perdas pós-colheita devem ser consideradas. **Revista Cultivar**. 2015. Disponível em: < <https://revistacultivar.com.br/artigos/perdas-pos-colheita-devem-ser-consideradas> >. Acesso em: 25/05/2022.

SALTVEIT, M. E. Respiration metabolism. In: UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. Washington: USDA, p. 68-75, 2016.

SEIBERT, E.; CASALI, M. E.; LEÃO, M. L. D.; PEZZI, E.; BRANDELLI, A.; BENDER, R. J. Efeito do hidrosfriamento na qualidade de pêssegos “Chimarrita” e “Chiripá”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 333–338, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452007000200028>

SENA, E. D. O. A.; DA SILVA, P. S. O.; DE ARAUJO, H. G. S.; DE ARAGÃO BATISTA, M. C.; MATOS, P. N.; SARGENT, S. A.; CARNELOSSI, M. A. G. Postharvest quality of cashew apple after hydrocooling and cold room. **Postharvest Biology And Technology**, v. 155, p. 65-71, 2019a. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.05.002>

SENA, E. D. O. A.; DA SILVA, P. S. O.; DE ARAGÃO BATISTA, M. C.; SARGENT, S. A.; DE OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; PAGANI, A. A. C.; CARNELOSSI, M. A. G. Calcium application via hydrocooling and edible coating for the conservation and quality of cashew apples. **Scientia Horticulturae**, v. 256, p. 108531, 2019b.

TERUEL, B. J. M. Tecnologias de resfriamento de frutas e hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.199-220, 2008.

TERUEL, BARBARA J. M. TECNOLOGIAS DE RESFRIAMENTO DE FRUTAS E HORTALIÇAS. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 2, 2008.

THOMPSON, JAMES F.; MITCHELL, F. GORDON; RUMSAY, TOM R. **Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers**. UCANR Publications, 2008.

TOKARSKYY, OLEKSANDR; SCHNEIDER, KEITH R.; BERRY, ADRIAN; SARGENT, STEVEN A.; SREEDHARAN, ASWATHY. Sanitizer applicability in a laboratory model strawberry hydrocooling system. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 103-106, 2015.

WARNING, ALEXANDER; DATTA, ASHIM K.; BARTZ, JERRY A. Mechanistic understanding of temperature-driven water and bacterial infiltration during hydrocooling of fresh produce. **Postharvest Biology And Technology**, v. 118, p. 159-174, 2016.

## Capítulo 12

# RELAÇÃO ENTRE A VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E A PRODUÇÃO DE LAVOURAS PERMANENTES NO MUNICÍPIO DE PICOS – PI

Manoel Cícero de Oliveira Filho<sup>1</sup>, Khyson Gomes Abreu<sup>1</sup>, Lylian Souto Ribeiro<sup>1</sup>, Andrezza Maddalena<sup>1</sup>, Rhaldney Felipe de Santana<sup>1</sup>, Wanderlecio Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Anderson Delfino Mauricio Nunes<sup>1</sup>, Lucas Marques de Freitas Freire<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Campus II, Areia-PB, e-mail: [Manoel.cicero07@hotmail.com](mailto:Manoel.cicero07@hotmail.com)

### INTRODUÇÃO

O setor do agronegócio é responsável por 21% do total do produto interno bruto (PIB) brasileiro e aproximadamente 22% do PIB mundial, além de conter 37% dos empregos e 41% das exportações (RECH et al., 2019). Dentro desse setor, a fruticultura é um segmento que vem ganhando destaque devido a sua importância para a economia mundial, apresentando alta geração de empregos diretos e indiretos, além de contribuir para o aumento das exportações de frutas frescas e sucos (SILVA, 2019). O Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de frutas, com 42,4 milhões de toneladas (4,6% do total), distribuídas em 2,5 milhões de hectares, ficando atrás apenas da China (25,9%) e da Índia (11,9%) (REINHARDT *et al.*, 2021).

A fruticultura brasileira possui grande representatividade no setor de exportação pela ampla diversidade de frutas ofertadas (CENEDESE *et al.*, 2022; VIDAL, 2023). Na região Nordeste, mais especificamente no Semiárido, a fruticultura é fundamental para a formação de projetos públicos de irrigação, essa atividade corresponde a uma importante parcela da produção nacional, sendo uma ferramenta de criação e distribuição de renda, principalmente para os pequenos e médios produtores (FERREIRA; VIEIRA-FILHO, 2020).

O Nordeste brasileiro é responsável por 27% da produção nacional de frutas, que são destinadas, em sua maior parte, ao abastecimento do mercado interno dessa região

(GERUM *et al.*, 2019; VIDAL, 2021). Dentre os estados brasileiros com maior produção de frutas, o estado do Piauí se destaca pois apresenta ótimas condições climáticas para a exploração de frutíferas, fazendo limite com a caatinga do nordeste semiárido e as terras úmidas da região amazônica (MENEZES *et al.*, 2000). Porém, o município de Picos – PI está inserido no clima semiárido, apresentando grandes irregularidades pluviométricas e caracterizando-se como uma região de curta estação chuvosa no verão, resultando na diminuição das precipitações e no aumento da duração do período seco (LIMA; ANDRADE-JÚNIOR, 2020).

A instabilidade no regime pluviométrico nas áreas de clima semiárido é uma das principais adversidades enfrentadas por aqueles que vivem nessas regiões, principalmente, pelos que exercem atividades como a fruticultura, uma vez que a irregularidade das precipitações pluviométricas acaba resultando em uma produção instável, tendo como elemento definidor a ocorrência das chuvas (UCHOA *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, objetivou-se com esse estudo analisar a correlação existente entre a precipitação pluviométrica e a influência que ela pode exercer sobre a produção das lavouras permanentes de banana, castanha de caju, coco-da-baía, mamão e manga no município de Picos – PI, no período amostral de 2013 a 2022.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

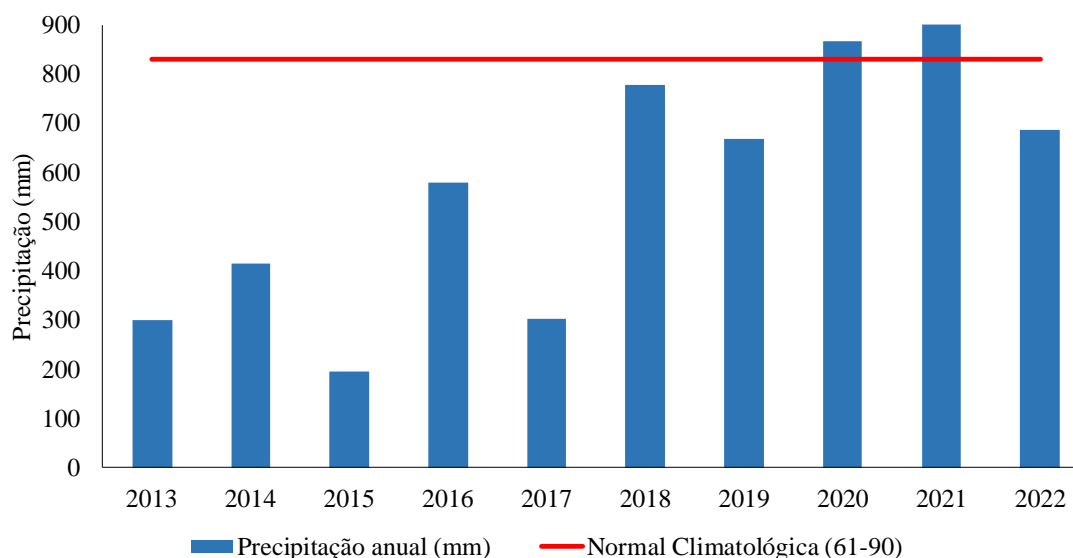
O estudo foi realizado no município de Picos município brasileiro do estado do Piauí, com uma área total de 535 km<sup>2</sup>, localizado no semiárido piauiense, situado entre as coordenadas geográficas (07° 04' 37" S, 41° 28' 01" O) e altitude de 206 m, geograficamente a cidade é cortada pelo rio Guaribas e situa-se na região centro-sul do Piauí. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima é do tipo semiárido, muito quente, apresentando uma temperatura média anual do ar de 27,2 °C. A precipitação média anual relativa ao período (1960-2016) é de 684,2 mm concentrada nos meses de dezembro a abril (PIAUI, 2010).

Os dados sobre precipitação pluviométrica foram obtidos na estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) situada no campus Senador Helvídio Nunes de Barros da Universidade Federal do Piauí - UFPI no município supracitado. Foram coletados dados sobre a quantidade de chuva acumulada anualmente do ano de 2013 a 2022, compreendendo o período de uma década.

Os dados sobre a produção das lavouras permanentes de Banana, Caju, Coco-da-baía, Mamão e Manga foram obtidos através de pesquisas nos bancos de dados do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Após a coleta dos dados utilizou-se o programa computacional Microsoft Office 365 Excel, para elaboração dos gráficos e médias.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

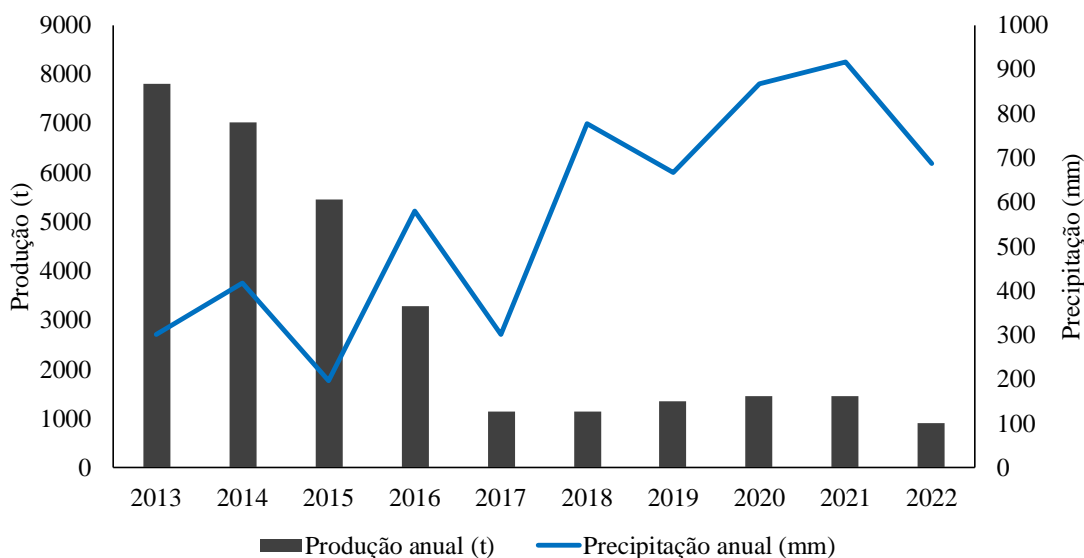
Os resultados obtidos através dos dados coletados no site do Inmet, estão dispostos na figura 1. Observa-se que no período analisado, nos últimos 5 anos houve um aumento expressivo da precipitação em relação ao período de 2013 a 2017, chegando nos anos de 2020 e 2021 a ultrapassar a normal climatológica (61-90).



**Figura 1** - Dados da precipitação anual e normal climatológica, coletados na estação do INMET no município de Picos - PI no período de 2013 a 2022.

A ocorrência de precipitações em volumes expressivos pode ser um fator determinante na produção e na manutenção das lavouras permanentes (SANTOS; FEITOSA 2022). Tanto em cultivos que utilizam sistemas de irrigação, quanto em sequeiro, as chuvas exercem um papel imprescindível, pois no primeiro cenário ela será responsável por reabastecer o lençol freático e no segundo caso, a produção está totalmente dependente da sua ocorrência para que a lavoura consiga produzir de forma adequada (SANCHES *et al.*, 2019).

A produção de banana (cacho), no município de Picos – PI, no período de 2013 a 2023 e a sua relação com a precipitação pluviométrica está disposta na figura 2. Nesse caso específico, nota-se que ao longo dos anos ocorreu um decréscimo expressivo na produção de banana, onde desde 2017 não chega a 2000 toneladas.

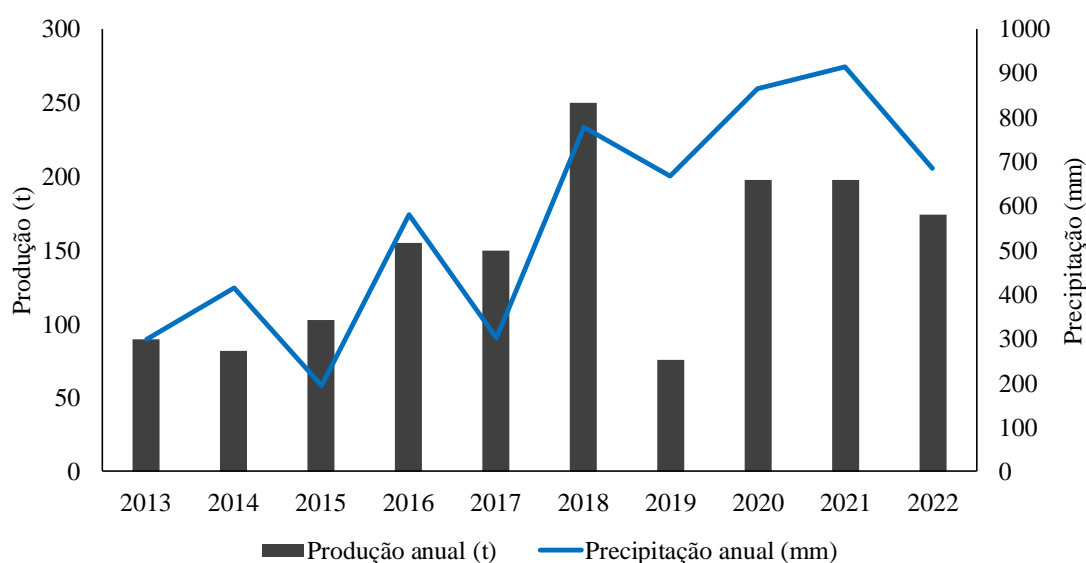


**Figura 2** – Relação entre a produção de banana (cacho) e a precipitação pluviométrica no período de 2013 a 2022 no município de Picos – PI.

Mesmo ocorrendo o aumento da precipitação pluviométrica nos últimos 5 anos, ao analisar a produção infere-se que não teve aumento. Rocha *et al.* (2021) destacam que esse fato pode estar relacionado a insegurança do setor em relação a instabilidade das precipitações, pois na figura nota-se que há uma relação com a queda da precipitação e a queda de produção sobretudo a partir do ano de 2017. Assim mesmo com o aumento das chuvas nos anos seguinte, provavelmente não foi suficiente para a retomada desse setor produtivo.

Além disso, outros fatores também podem ter contribuído para esse decréscimo na produção de banana no período analisado, como a ocorrência de pragas e doenças que podem surgir quando as condições climáticas estão mais favoráveis, como é o caso das doenças fúngicas (BELTRAME *et al.*, 2021) ou de pragas de importância agrícola como o moleque-da-bananeira (*Cosmopolites sordidus*) (SANTOS-FELIX *et al.*, 2019), tais intempéries podem agir diretamente sobre a cultura, reduzindo sua produção.

No que tange a produção anual de castanha de caju em relação à precipitação pluviométrica anual no município (Figura 3), pôde-se observar que, mesmo com algumas oscilações, houve uma tendência de aumento da produção do fruto no período de 2013 a 2022, ao passo que as médias de precipitação anuais também aumentavam. Contudo, essa correlação não foi verificada em alguns anos, como 2015, 2017 e 2019, sendo este último o mais expressivo, quando mesmo tendo a quinta maior média de precipitação, a quantidade anual de castanha foi reduzida a cerca de 70 toneladas, a menor produção dentro do período analisado.



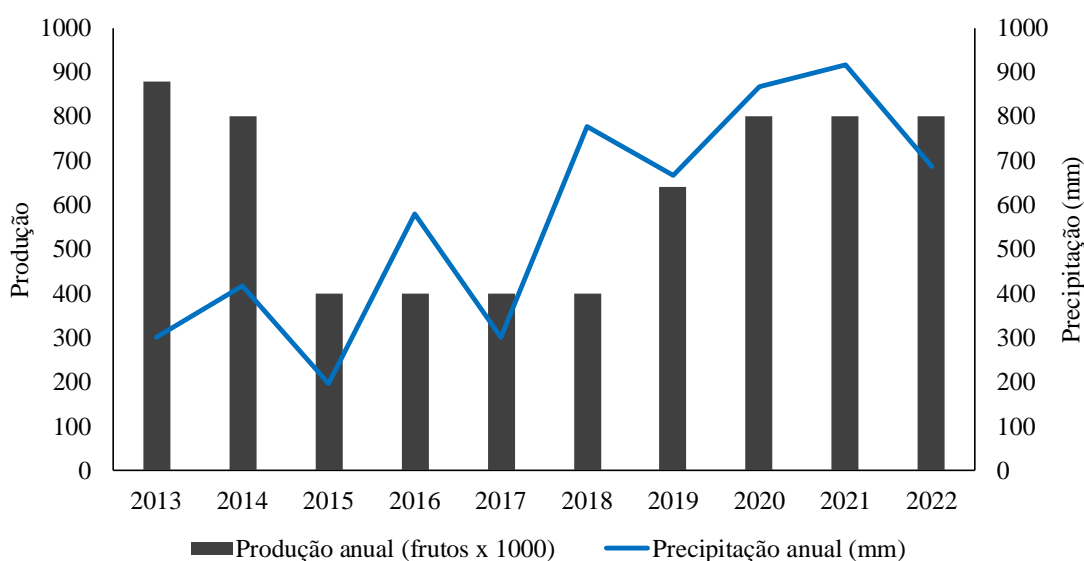
**Figura 3** – Relação entre a produção de Castanha de Caju e a precipitação pluviométrica no período de 2013 a 2022 no município de Picos – PI.

Esse cenário diverge do apresentado por Brainer (2022), que afirma que entre 2020 e 2021, os produtores da cajucultura brasileira lidaram com consideráveis quedas nos rendimentos dessa produção. Possivelmente, os resultados apresentados no presente estudo se diferenciam pelo expressivo aumento pluviométrico no município de Picos, cuja amplitude foi de quase 650 mm na década analisada, além da ausência de reposição das áreas perdidas, de modo que se mantivesse o padrão de produção nacional, como também explicado pela autora.

Brainer (2022) destaca ainda que perdas na cajucultura podem se dar tanto em função de precipitações baixas ou irregulares, quanto em função da incidência de pragas, como a mosca-branca (*Aleyrodicus cocois*), a lagarta-saia-justa-do-cajueiro (*Cicinnus callipius*), a broca-das-pontas (*Anthistarcha binocularis*) e a traça-da-castanha

(*Anacampsis phytomiella*), além de doenças como o oídio, causada pelo fungo *Uncinula necator*. Ou seja, possivelmente tais inconvenientes foram inexistentes, pouco incidentes ou bem combatidos no município estudado.

Após uma considerável queda na produção do coco-da-baía de quase 400 mil frutos, entre 2014 e 2015, os dados para essa cultura também apresentaram uma tendência de crescimento da produção, que acompanhou os índices de precipitação anuais de 2015 a 2022. Nesse panorama, destaca-se o ano de 2018, quando houve um aumento da precipitação em aproximadamente 500 mm, mas o índice de produção manteve-se semelhante aos anos de 2015 a 2017 (Figura 4).



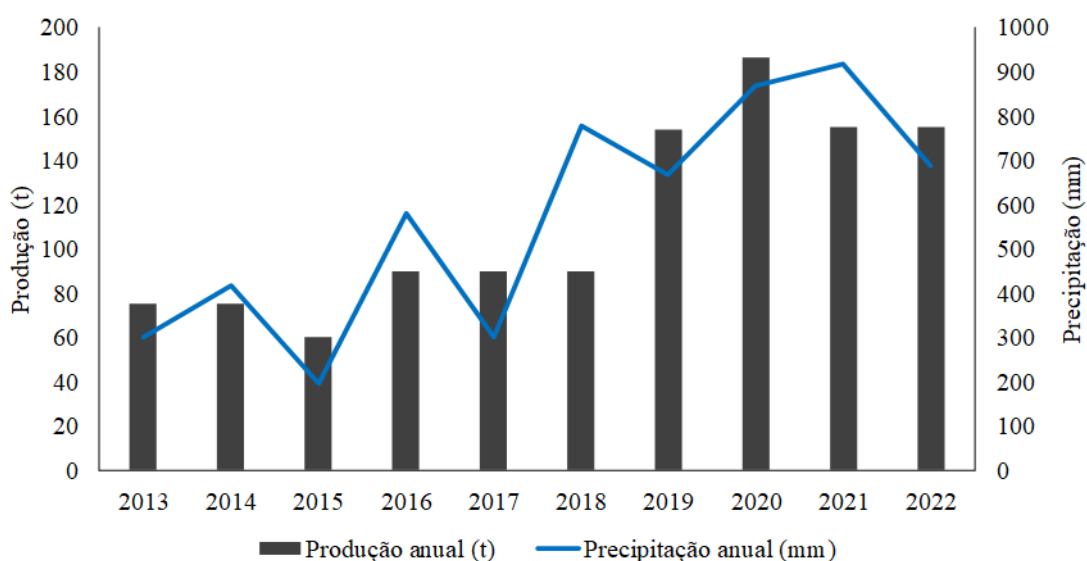
**Figura 4** – Relação entre a produção de coco-da-baía e a precipitação pluviométrica no período de 2013 a 2022 no município de Picos - PI.

É notório que a precipitação tendeu a aumentar ao longo dos anos subsequentes a 2018, sendo que em 2022 houve um decréscimo de cerca de 200 mm. Possivelmente, esse acréscimo em 2018 só impactou a produção do coco-da-baía a partir de 2019, quando esta passou a atingir valores semelhantes aos de 2013 e de 2014. Aguiar *et al.* (2020) afirmaram que baixas precipitações anuais podem não causar prejuízos consideráveis a algumas culturas produtivas, desde que as chuvas estejam bem distribuídas ao longo de todo o ano. Segundo Brainer e Ximenes (2020), a disponibilidade de recursos naturais no Brasil para a cocoicultura é bastante favorável: o comércio de polpa e de água de coco no país tende a crescer significativamente até 2025, com um aumento anual de quase 25%.

A relação entre a produção de mamão e a precipitação pluviométrica compreendida no período de 2013 a 2022 é apresentada na figura 5. Analisando os dados



é possível verificar que a produção de mamão alcançou o seu máximo no ano de 2020, corroborando com os anos de maiores índices pluviométricos com ocorrência nos anos de 2020 e 2021. Em contrapartida, no ano de 2015 verificou-se a menor produção dessa cultura no município, enquanto o menor índice de precipitação pluviométrica ocorreu no mesmo ano em questão. Diante disso, ressalta-se que, a produção de mamão se manteve diretamente relacionada com a precipitação em todo o período amostral analisado, revelando que em períodos de alta precipitação, a produção foi superior a períodos com baixa precipitação.

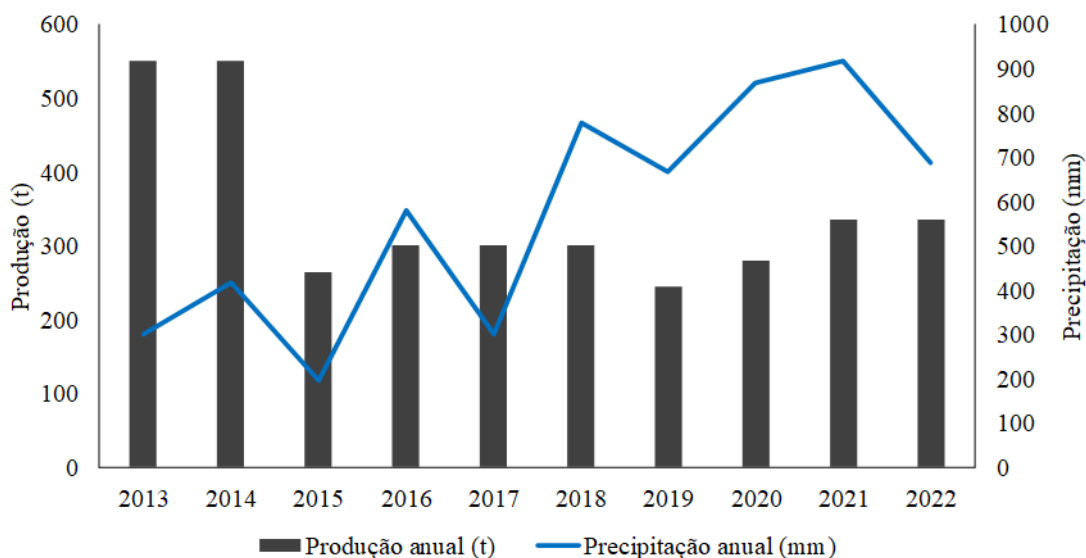


**Figura 5** – Relação entre a produção de Mamão e a precipitação pluviométrica no período de 2013 a 2022 no município de Picos – PI.

As chuvas desempenham um papel fundamental nas produções de frutíferas, influenciando diretamente na saúde das plantas, no desenvolvimento dos frutos e na produtividade da cultura. Segundo Oliveira *et al.* (2020), a água é essencial para todos os processos fisiológicos das plantas, incluindo a fotossíntese, a absorção de nutrientes e o crescimento. Além disso, a quantidade e a distribuição adequada de chuvas são permitidas para o desenvolvimento e amadurecimento dos frutos, afetando diretamente a qualidade e o sabor.

Avaliando a produção de manga no município de Picos – PI em relação a precipitação pluviométrica no período de 2013 a 2022, verificou-se que os maiores índices de produção ocorrem nos anos iniciais desse período amostral 2013 e 2014, onde também, nesses mesmos anos não se obteve altos índices pluviométricos quando

comparados com os demais anos deste período amostral. Ao longo do período amostral, observa-se que ocorreu oscilações no volume da precipitação pluviométrica, onde a partir do ano de 2019 apresenta um aumento expressivo em comparação aos anos anteriores. Já a produção de manga, não consegue acompanhar o aumento dessas precipitações e se comportou mantendo o nível de produção na casa das 300 toneladas anuais, tendo um leve declínio no ano de 2019.



**Figura 6** – Relação entre a produção de Manga e a precipitação pluviométrica no período de 2013 a 2022 no município de Picos – PI.

Diferentemente dos índices de produção da cultura do mamoeiro, onde a produção foi alta em relação aos índices de precipitação pluviométrica, não se observa o mesmo comportamento na cultura da mangueira estudada nesse período amostral. De acordo com Santos *et al.* (2021), à manga é uma frutífera que se adapta bem às diferentes condições climáticas, sendo capaz de tolerar períodos de seca e chuvas intensas e mesmo assim continuar produzindo, como é o caso dos resultados datados neste estudo.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a variabilidade da precipitação pluviométrica ocorrida entre os anos 2013 a 2022 está diretamente relacionado com a produção das lavouras permanentes de castanha-de-caju, coco-da-baía e mamão onde em anos de maiores precipitações, ocorreu também o aumento de produção dessas lavouras. Já nas culturas da banana e de Manga, aparentemente os índices de precipitação pluviométrica não

apresenta relação direta com os níveis de produção dessas lavouras, pois os níveis de alta produção não ocorreram concomitantemente com os de pluviosidade.

## REFERENCIAS

AGUIAR, P. C. B.; BRUNO, N. L.; PIRES, M. M.; PROFICE, C. C.; GALVÍNCIO, J. D. Efeitos da precipitação pluviométrica sobre a produção agrícola nos municípios de Belmonte e Ipiaú, estado da Bahia, Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 64, n. 1, p. 235-267, 2020.

BELTRAME, A. B.; MELCHIORETTO, B.; LONE, A. B.; REBELO, A. M. Prospecção de plantas bioativas no controle do complexo de sigatoka em bananeira. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.14, n 1, p. 1-13, 2021.

BRAINER, M. S. C. P. **Cajucultura**. *Caderno Setorial ETENE*, Ano 7(230), 1-19, 2022.

BRAINER, M. S. C. P.; XIMENES, L. F. **Produção de coco – soerguimento das áreas tradicionais do Nordeste**. *Caderno Setorial ETENE*, Ano 5(127), 1-15, 2020.

CENEDESE, J. M.; ALLEBRANDT, R.; BLATT, T. L. S.; FAGUNDES, A. V. W.; SILVA, R. F. Diversidade de fruteiras nativas em propriedades rurais da bacia hidrográfica Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 5, p. 39152–39173, 2022.

FERREIRA, Z. R.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Projetos públicos de irrigação: presença institucional, fruticultura e impactos produtivos. **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos de Censo Agropecuário**. Brasília: Ipea, p. 229-242, 2020.

GERUM, A. F. A. A.; SANTOS, G. S.; SANTANA, M. A.; SOUZA, J. S.; CARDOSO, C. E. L. Fruticultura Tropical: potenciais riscos e seus impactos. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, Documento nº 232, 28 p, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE/Cidade: Dados de produção agrícola**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/picos/pesquisa>. Acesso em: 30/09/2023.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos diários de estações meteorológicas**. Disponível em: < <https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/A001>>. Acesso em: 31/09/2023.

LIMA, M. G.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Climas do Piauí: interações com o ambiente**/LIMA, M. G.; MORAES, A. M.; NUNES, L. A. P. L.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; LIMA, M. G. L. [org.]. Teresina: Edufpi, cap. 1, p. 16-37, 2020.

MENEZES, R. V. S. de et al. Moscas-das-frutas nos Estados brasileiros: Piauí. In: MALAVASI, A. & ZUCCHI, R. A. **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil**: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000. p. 213-215.

OLIVEIRA, R. F.; SILVA, L. C.; FERREIRA, A. L. Importância da água para as plantas frutíferas. **Revista de Agricultura Tropical**, v. 5, n. 1, p. 10-20, 2020.

PIAUI. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Diagnóstico e Prognóstico das Disponibilidades Hídricas das Bacias Hidrográficas - RTP-6. Diagnóstico referencial consolidado sobre os Recursos Hídricos no Estado do Piauí. Teresina: **SEMAR**, 333 p. 2010.

RECH, L. R.; SANTOS, P. S.; ABRAHÃO, A. F. S.; ESPEJO, M. M. S. B.; BINOTTO, E.; MALAFAIA, G. C. Competitividade no agronegócio: uma análise do estado da arte da produção científica veiculada internacionalmente. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 9, n. 2, p. 102-114, 2019.

REINHARDT, D. H. R. C.; LIMA, M. A. C.; SERRANO, L. A. L.; SOUZA, J. S.; SANTANA, M. A.; STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A.; OLIVEIRA, A. M. G.; GERUM, A. F. A. A.; COELHO FILHO, M. A.; CARVALHO, J. E. B.; SOARES FILHO, W. S. Desenvolvimento e sustentabilidade na fruticultura de exportação. In: TELHADO, S. F. P. e; CAPDEVILLE, G. de (Ed.). **Tecnologias poupa-terra 2021**. Brasília, DF: Embrapa, 2021.

ROCHA, T. B. C. et al. Indicadores de Veranicos e de Distribuição de Chuva no Ceará e os Impactos na Agricultura de Sequeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 579-589. 2021.

SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C.; FIGUEIREDO NEVES, G. Z.; SILVA, M. S. D.; SOUZA, P. H.; TECH, A. R. B. Influência da variabilidade climática na produção canavieira na microrregião de São Carlos/SP no período de 1994 a 2014. **Revista brasileira de climatologia**, v. 25, 2019.

SANTOS-FELIX, E.; PEREIRA, D. D.; NASCIMENTO, G. V.; LIRA, E. C.; OLIVEIRA-FILHO, T. J.; MACHADO, J. D. A. O.; SOUSA, C. G. Diagnóstico do cultivo da banana em uma região do Brejo Paraibano. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 29616-29632, 2019.

SANTOS, J. P.; SILVA, E. F.; COSTA, R. R. Manejo da cultura da manga em condições climáticas adversas: uma revisão. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 8, n. 2, p. 45-53, 2021.

SANTOS, S. B.; FEITOSA, A. Caracterização da dinâmica no uso e ocupação do solo diante das adversidades do clima no município de Palmeira dos Índios/AL. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 2, p. 1053-1062, 2022.

SILVA, I. D. A fruticultura e sua importância econômica, social e alimentar. **Anais Sintagro**, v. 11, n. 1, 2019.

UCHOA, J. L. C.; LEMOS, J. J. S.; REIS, J. N. P.; MENEZES, R. H. N.; CRUZ, M. P. M.; SOUSA, E. C. Relações entre as instabilidades pluviométricas e as produções de lavouras de sequeiro no Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 7, p. 6736–6756, 2023.

VIDAL, M. F. Agropecuária: fruticultura. Fortaleza: BNB, ano 7, n.228, maio 2022. (Caderno Setorial Etene).

VIDAL, M. F. Produção Comercial De Frutas Na Área De Atuação Do BNB. **Caderno setorial ETENE**, n. 168, p. 14, 2021.

## Capítulo 13

# TRATAMENTO BIOLÓGICO EM SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI E SEUS PRINCIPAIS PATÓGENOS.

Carla Michelle da Silva<sup>1</sup>, Bruno Antônio Lemos de Freitas<sup>1</sup>, Antônio Veimar da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG, e-mail: carla.mic@hotmail.com

### INTRODUÇÃO

O tratamento biológico em sementes de feijão-caupi é uma abordagem sustentável e eficiente para o controle de pragas. Essa prática é cada vez mais exigida pelos produtores, uma vez que o uso de produtos químicos é cada vez mais regulamentado e, em muitos países, proibido. Além disso, o tratamento biológico apresenta vantagens como redução de custos com produtos químicos, aproveitamento de materiais primários locais e capacitação de trabalhadores locais.

O principal princípio ativo no tratamento biológico de sementes de feijão-caupi é o uso de microrganismos, como fungos e bactérias, que são antagonistas naturais das pragas, um exemplo é a produção de esporos de *Bacillus thuringiensis* (Bt).

O tratamento biológico em sementes de feijão-caupi envolve a seguinte metodologia: isolamento e seleção de microrganismos, produção de esporos, aplicação nas sementes, e avaliação e controle da inibição (SCHURT, 2017).

Dentre os microrganismos utilizados no tratamento biológico, a combinação de Bt e *Trichoderma* spp. é considerada uma estratégia eficaz para a proteção de sementes de feijão-caupi. Esses microrganismos atuam de maneira específica e seletiva, reduzindo os danos aos polinizadores e, conseqüentemente, os danos às sementes. Além disso, o tratamento biológico não implica problemas de resistência, já que os microrganismos ocorrem naturalmente no meio ambiente e atuam de maneira específica contra a praga.

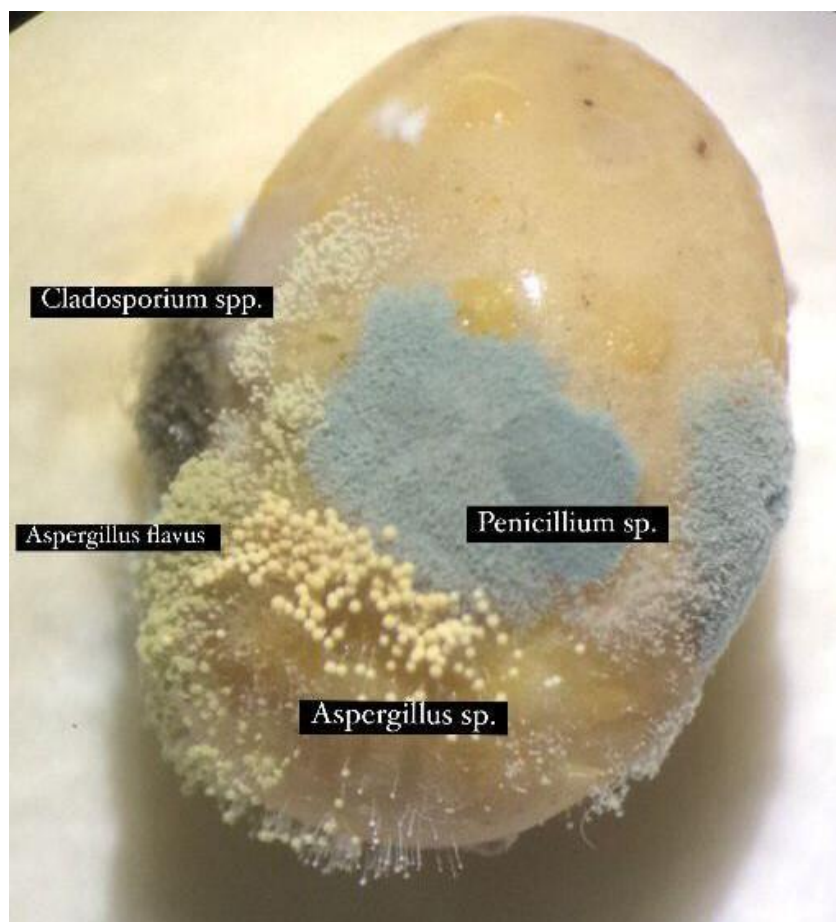
Tendo em vista isso, o presente artigo visa apresentar um levantamento bibliográfico a respeito do tratamento biológico em sementes de feijão-caupi, apontando os principais patógenos que prejudicam a qualidade das sementes dessa cultura.

## PRINCIPAIS PATÓGENOS ASSOCIADOS A SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI

A cultura do feijão-caupi é afetada por diversos agentes patogênicos, como fungos, bactérias, vírus e nematoides. A ação desses patógenos nas plantas ocasiona a morte de tecidos, órgãos e até mesmo da planta inteira, causando diversos prejuízos ao produtor, caso ele não adote medidas fitossanitárias preventivas (LIMA, 2017).

Os fungos presentes nas sementes são tradicionalmente divididos em fungos de armazenamento e fungos fitopatogênicos. Os fungos que apresentam maior impacto econômico na cultura do feijão-caupi são: *Macrophomina phaseolina* (DIAS *et al.*, 2019), *Fusarium* sp. (LIMA *et al.*, 2017), *Rhizoctonia solani* (TENÓRIO *et al.*, 2019), *Colletotrichum lindemuthianum* (SIQUEIRA *et al.*, 2019), *Curvularia* sp., *Trichoderma* sp. (REIS *et al.*, 2019) e *Alternaria* sp. (ALVES *et al.*, 2019).

Além desses fungos, o feijão-caupi apresenta ainda dois fungos de significativa importância no armazenamento de sementes, dentre eles estão o *Aspergillus* e *Penicillium* (Figura 1). Eles causam a diminuição da germinação e vigor das sementes, além de serem os principais responsáveis pela produção de micotoxinas (BIEMOND *et al.*, 2013). Geralmente a presença desses fungos de armazenamento é favorecida quando as sementes são armazenadas durante períodos extensos e condições de temperatura e umidade altas (RUPOLLO *et al.*, 2006).



**Figura 1.** Fungos de armazenamento, contaminantes ou saprófitas - visualizados em teste de patologia de sementes. **Fonte:** RINALDI (2022).

Os fungos são os principais fitopatógenos causadores de perdas econômicas na cultura do feijão. Quando estão presentes na semente, eles podem causar danos mais frequentes como abortos, deformações e descoloração da casca, o que sempre leva a redução do potencial germinativo e vigor das sementes, e quando alocadas no campo resultarão em estandes de plantas desuniformes com baixa ou nenhuma produção (MACHADO, 2012).

Além dos fungos, as bactérias também são relevantes microrganismos patogênicos às sementes. Nos feijões *Vigna unguiculata*, as principais bactérias que causam perdas são dos gêneros *Xanthomonas*, *Pseudomonas* e *Corynebacterium* (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). As bactérias são disseminadas por chuvas com ventos fortes, sementes e insetos e sobrevivem nos restos culturais, em plantas hospedeiras alternativas, insetos e em sementes (LIMA, 2017).



Com relação aos nematoides que atacam o feijão-caupi, o gênero *Meloidogyne* sp., tem sido um dos grandes problemas fitossanitários na cultura, pois sua ampla gama de hospedeiros e a alta capacidade de sobrevivência no solo favorece a contaminação por esse patógeno. Quando presentes em altas densidades populacionais, especialmente em solos arenosos, esses parasitos afetam drasticamente a fisiologia da planta hospedeira prejudicando a absorção e o transporte de água e nutrientes, podendo levar o vegetal à morte (LIMA, 2017).

Os vírus também são organismos patógenos de relevância para a cultura do feijão-caupi. A cultura apresenta suscetibilidade a 34 gêneros virais e a mais de 119 espécies virais (BRIOSO, 2006), e dependendo do tipo de patógeno, a contaminação pode causar perda total da produção (BARROS, 2010). Em particular, o vírus do mosaico severo do feijão-caupi (CPSMV, *Cowpea Severe Mosaic Virus*), da família *Comoviridae*; os mosaicos de potyvirus (CABMV, *Cowpea Aphid-Borne Mosaic Virus* e BICMV, *Blackeye Cowpea Mosaic Virus*), da família *Potyviridae*, e o vírus do mosaico dourado do feijão-caupi (CPGMV, *Cowpea Golden Mosaic Virus*) da família *Geminiviridae*, os quais – conjuntamente com outros fatores – têm reduzido drasticamente a produção desse grão no Brasil (LIMA, 2017).

## **TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO-CAUPI**

Diante de tantos problemas fitossanitários, o tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas tem sido uma prática agrícola rotineira (CHAGAS JUNIOR *et al.*, 2012). No entanto, para a cultura do feijão-caupi não existem produtos recomendados e registrados no MAPA, o que tem se adotado são pesticidas utilizados para a cultura da soja, tais como carbendazim, carboxin, fludioxonil e thiran. Embora os benefícios desse tipo de tratamento sejam bem conhecidos, muitos efeitos negativos vêm da aplicação dessas substâncias (CAMPO *et al.*, 2009).

Diante disso, existe um crescente interesse no desenvolvimento de estratégias que reduzam os efeitos colaterais dos produtos químicos comercializados, mas que também apresentem um benefício econômico (HERNÁNDEZ-SALMERÓN *et al.*, 2016). Tendo em vista isso, o controle biológico surge como uma alternativa que pode ser empregado no controle de doenças. Para isso é usado uma gama de microrganismos que tenham

potencial no controle de patógenos, incluindo fungos, bactérias e actinomicetos (MELO, 2009).

Na cultura do feijão-caupi, os agentes de controle biológico (*T. harzianum*, *B. subtilis* e *B. cerus*) apresentam porte atividade antagonista contra a infecção ocasionada por *R. solani*, servindo como método alternativo ao controle químico (YAKUBU *et al.*, 2019). De acordo com esses autores, o fungo *T. harzianum* apresenta uma capacidade antagônica significativa contra esse patógeno em mais de 75%, devido ao rápido crescimento e falta de necessidades nutricionais especiais (WANGHUNDE *et al.*, 2016). Além desse fungo, Yakubu *et al.* (2019) expõe uma taxa de inibição de 82,66% do fungo *R. solani* mediante a aplicação das bactérias *B. subtilis* e *B. cerus*. Esse resultado é justificado pelo rápido crescimento e produção de compostos antifúngicos (Subtilina, bactericina, bacilomicina, zwittermicina e cananosamicina) e enzimas (quitinase,  $\beta$ -1,3-glucanases, endoglucanase e a protease), que promovem a decomposição das paredes celulares dos patógenos fúngicos (FIRA *et al.*, 2018).

Em outro experimento com a cultura do feijão-caupi, Nandi *et al.* (2016) observaram que sementes tratadas com *P. fluorescens* proporcionou uma redução de 37,31% no tombamento, após a emergência, quando comparadas ao controle. Os autores ainda discorrem que o controle biológico também se mostrou superior ao tratamento com Carbendazim, pelo fato de as bactérias aumentarem as atividades de peroxidase, polifenol oxidase e fenilalanina amônia-liase, o que ocasiona resistência induzida no feijão-caupi contra *S. rolfsii*.

Bankole e Adebanjo (1996) relatam que a aplicação semanal da suspensão de *T. viride* apresentou resultado tão eficaz quanto a pulverização com Benomyl, diminuindo de forma significativa a incidência de manchas marrons no feijão-caupi ocasionadas por *Colletotrichum truncatum*.

Aloisio *et al.* (2015) verificaram que o tratamento de sementes de feijão-caupi com *rhizobia* e *Trichoderma* sp. apresentou resultados benéficos contra *Rhizoctonia solani* e melhoria do estande. Além do combate a patógenos, os microrganismos benéficos (*Trichoderma* e *B. subtilis*) promovem: a redução dos danos causados pelo estresse abiótico; o crescimento e rendimento da cultura, mediante a síntese de ácido indol acético e solubilização de nutrientes no solo; diminuição dos custos de produção (FERREIRA *et al.*, 2018). Outra vantagem é a indução de resistência sistêmica induzida, onde a doença é impedida de se desenvolver na planta (AMORIM; PASCHOLATI, 2011). As espécies de

*Bacillus*, *Pseudomonas* e *Trichoderma* desempenham papel importante na ativação do mecanismo de defesa das plantas que promovem a resistência do vegetal (JAMIL *et al.*, 2017; HYDER *et al.*, 2017).

Diante de tantas vantagens, o controle biológico no feijão-caupi prima, sobretudo, a preservação do meio ambiente e a saúde do produtor, pois é considerado um controle sadio, limpo e viável. Nele há redução do uso de agrotóxicos, que poluem o meio ambiente, os alimentos e animais, além de eliminar os organismos benéficos do solo e da planta e causar intoxicação em agricultores e resistência a fitopatógenos (SANTOS, 2018).

A mudança do produto químico para o biológico é um fator que afeta diretamente o agricultor. Para que o produtor passe a usar o insumo biológico deve ser abordada a viabilidade econômica e eficácia do método no sistema de produção. Por exemplo, custo médio do uso de produtos a base de *Trichoderma* disponível no mercado brasileiro é de R\$ 90,00/ha/aplicação. No entanto, esse valor pode variar de R\$ 20,00 a 300,00, dependendo da marca comercial, formulação, cultura e patógeno alvo. No caso do controle do mofo-branco no feijoeiro o custo médio do tratamento está em torno de R\$ 92,00 ha<sup>-1</sup>, já o uso de fungicida sai por R\$ 150,00 ha<sup>-1</sup> (POMELLA, 2008).

Quando o agricultor desejar obter o produto biológico comercializado deve estar atento e buscar informações sobre as empresas que atuam no mercado. Deve-se optar por produtos registrados e de empresas sérias, pois o preço reduzido nem sempre significa boa relação custo-benefício, já que muitos produtos são de procedência duvidosa, de péssima qualidade e comercializados sem critérios técnicos (LOPES, 2009).

Dessa forma, a escolha do produto está diretamente relacionada com a eficácia do controle de doenças nas plantas. Geralmente a taxa de controle em campo varia de 30 a 50%, já que o sucesso com antagonistas biológicos comumente é imprevisível devido ao modo de ação complicado e à dificuldade em obter uma formulação eficiente (DONG-DONG, 2017).

A eficácia do biocontrole é justificada pelos mecanismos de ação dos agentes microbiológicos que atuam inibindo doenças de plantas mediante a antibiose (produção de uma ou mais moléculas por um microrganismo com ação direta sobre o crescimento ou fisiologia dos fitopatógenos); a competição (capacidade de um microrganismo competir com outro por espaço, desenvolvendo-se rapidamente sobre o hospedeiro, e por nutrientes, absorvendo-os mais rapidamente que os patógenos); o parasitismo/predação (relação nutricional entre dois organismos vivos, onde um obtém seu alimento através da

digestão de constituintes de outro organismo); e promoção do crescimento e indução da resistência (crescimento age de forma indireta sobre o patógeno, contribuindo na produção de hormônios, aquisição de nutrientes e absorção de água pela planta) (JAMIL, 2017; HYDER *et al.*, 2017).

Além desses mecanismos de ação os agentes de controle biológico devem apresentar outras abordagens eficazes, tais como: ser geneticamente estável; efetivo em baixas concentrações; fácil de cultivar e passível de crescimento em um meio barato; eficaz contra vários patógenos em uma variedade de sistemas; preparado de forma facilmente distribuído; não prejudicial aos seres humanos, animais e planta hospedeira; resistentes a compostos químicos; e compatíveis com outros tratamentos (GHOSH *et al.*, 2018).

Esses efeitos positivos quando aplicados na cultura do feijão-caupi podem inibir diversos patógenos, dentre eles se encontram: *Rizoctonia solani* (TENÓRIO *et al.*, 2019), *Macrophomina* sp. e *Fusarium* sp. (SANTOS, 2018), *Colletotrichum lindemuthianum* (CORRÊA *et al.*, 2008), *Sclerotium rolfsii* (FERREIRA DE SÁ *et al.*, 2019), *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, e *Penicillium aurantiogriseum* (ADEBANJO; BANKOLE, 2004), entre outros.

Os agentes de controle biológico estão disponíveis no mercado através de formulações granuladas, pó molhável e suspensões concentradas em óleo emulsionável (ALMEIDA *et al.*, 2008). Dependendo da formulação podem ser aplicados mediante pulverização, polvilhamento, no tratamento de sementes, via irrigação ou em mistura com substratos orgânicos na produção de mudas (LOPES, 2009).

A aplicação de microrganismos para o controle de doenças pode ser ainda de forma direta (microrganismos vivos) ou indireta (uso de metabólitos). Em todos os casos a elaboração do produto deve ser devidamente feita com o objetivo de facilitar a sua distribuição, condução, aplicação e principalmente seu armazenamento, para que não ocorra alterações nas características dos microrganismos e diminua a eficácia do controle biológico (LAZZARETTI; BETIOL, 1997).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo discute o uso de agentes de controle biológico na cultura do feijão-caupi para inibir diversos patógenos, como *Rizoctonia solani*, *Macrophomina* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum lindemuthianum*, *Sclerotium rolfsii*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*,

*Aspergillus ochraceus*, e *Penicillium aurantiogriseum*, entre outros. Além disso, foi discutido que os agentes de controle biológico apresentam várias vantagens como serem eficazes em baixas concentrações, simples de cultivar, não prejudicial a seres humanos, animais e plantas hospedeiras, entre outros requisitos.

Eles estão disponíveis no mercado em diferentes formulações e podem ser aplicados de várias maneiras, conforme a quantidade, tratamento de sementes e via de segurança.

A elaboração desses produtos deve ser cuidadosa para garantir a eficácia do controle biológico. Portanto, o tratamento biológico na cultura do feijão-caupi é uma estratégia promissora para o controle de doenças, já que os agentes de controle biológico atendem a requisitos específicos e são aplicados corretamente.

## REFERÊNCIAS

- ADEBANJO, W.; BANKOLE, S. A. Evaluation of some fungi and bacteria for biocontrol of anthracnose disease of cowpea. **Journal of Basic Microbiology**, v. 44, n. 1, p. 3-9, 2004.
- ALVES, F. M. F. *et al.* Control of *Alternaria alternata* Using Melaleuca Essential Oil (*Melaleuca alternifolia*). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 40, n. 3, p. 1-10, 2019.
- AMORIM, L.; PASCHOLATI, S. F. Ciclo de relações patógeno-hospedeiro. In: AMORIM, L.; REZENDE, A.M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 4ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres. p. 59-99. 2011.
- BANKOLE, S. A.; ADEBANJO, A. (1996). Biocontrol of brown blotch of cowpea caused by *Colletotrichum truncatum* with *Trichoderma viride*. **Crop Protection**, v. 15, n. 7, p. 633-636, 1996.
- BARROS, G.B. **Identificação e caracterização de plantas de feijão-caupi obtidas por meio de retrocruzamento resistentes aos vírus cowpea severe mosaic virus (cpsmv) e cowpea aphid borne mosaic virus (cabmv)**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.
- BIEMOND, P. C. *et al.* Does the informal seed system threaten cowpea seed health? **Crop Protection**, v. 43, p. 166-174, 2013.

- BRIOSO, P. S. T. Técnicas moleculares na identificação de vírus em Feijão-caupi. In: VI Reunião nacional de feijão-caupi e I Congresso nacional de pesquisa de caupi. 57. 2006, Teresina. **Anais... Teresina**, Tecnologia para o agronegócio. Embrapa. 2006.
- CAMPO, R. J.; ARAUJO, R. S.; HUNGRIA, M. Nitrogen fixation with the soybean crop in Brazil: compatibility between seed treatment with fungicides and bradyrhizobial inoculants. **Symbiosis**, v. 48, n. 1, p. 154-163, 2009.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p
- CHAGAS JUNIOR, A. F. *et al.* Resposta de feijão-caupi a inoculação com rizóbio e *Trichoderma* sp. no cerrado, Gurupi, TO. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 242-249, 2012.
- CORRÊA, B. O. *et al.* Influência da microbiolização de sementes de feijão sobre a transmissão de *Colletotrichum lindemuthianum* (Saac e Magn.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p.156-163, 2008.
- DIAS, L. R. C. *et al.* Oleo essencial de *Lippia sidoides* Cham (alecrim-pimenta) no controle de *Macrophomina phaseolina* em feijão-caupi. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 24, n. 1, 2019.
- DONG-DONG, N. *et al.* The plant growth-promoting rhizobacterium *Bacillus cereus* AR156 Induces systemic resistance in *Arabidopsis thaliana* by simultaneously activating salicylate - and Jasmonate/ethylene - dependent signaling pathways. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 24, n. 5, p. 533-542, 2017.
- FERREIRA DE SÁ, M. *et al.* Seleção in vitro de agentes de biocontrole visando o controle de *Fusarium* sp. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 1, p. 14-16, 2019.
- FERREIRA, N. C. *et al.* *Bacillus subtilis* improves maize tolerance to salinity. **Ciência Rural**, v. 48, n. 8, e20170910, 2018.
- FIRA, D. *et al.* Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species. **Journal of Biotechnology**, v. 285, n. 10, p. 44-55, 2018.
- GHOSH, T. *et al.* A review on seed borne mycoflora associated with different cereal crop seeds and their management. **Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology**, v. 19, n. 3/4, p. 107-117, 2018.

HERNÁNDEZ-SALMERÓN, J. E. *et al.* Draft genome sequence of the biocontrol and plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas fluorescens* strain UM270. **Standards in Genomic Sciences**, v. 11, n. 1, p. 5, 2016.

HYDER, S. *et al.* Novel potential of *Trichoderma* sp. as biocontrol agente. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, n. 4, p. 214-222, 2017.

JAMIL, S.; HUI, T.; MINGSHAN, J. *Bacillus* species as versatile weapons for plant pathogens: a review. **Biotechnology & Biotechnology Equipment**, v. 31, n. 3, p. 446-459, 2017.

LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado à base de células e de metabólitos de *Bacillus subtilis*. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 1, 1997.

LIMA, C. S. Manejo de doenças. In: DOVALE, J. C.; BERTINI, C.; BORÉM, A. **Feijão-caupi: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2017. p. 143–170.

LOPES, R. B. A indústria no controle biológico: Produção e comercialização de microrganismos no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANGI, M. A. B. (Eds.), **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Norte, p.16-29. 2009.

MACHADO, J. C. **Patologia de Sementes: Significado e Atribuições**. In: CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciências, Tecnologia e Produção**. Jaboticabal: Funep, p. 524-582. 2012.

MELO, I. S. **Controle biológico**. 2009. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura\\_e\\_meio\\_ambiente/arvore/CONTAG01\\_2\\_210200792813.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agricultura_e_meio_ambiente/arvore/CONTAG01_2_210200792813.html). Acesso em: 16 jan. 2020.

NANDI, S. *et al.* Potential effects of plant growth promoting rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens*) on cowpea seedling health and damping off disease control. **African Journal of Biotechnology**, v. 12, n. 15, p. 1853-1861, 2013.

POMELLA, A. W. V. A. Utilização do controle biológico para grandes culturas – a experiência do grupo Sementes Farroupilha. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 195-196, 2008.

REIS, H. B. *et al.* Efficiency of application of *Trichoderma* on the physiological quality and health of cowpea seeds. **Comunicata Scientiae**, v. 10, n. 2, p. 301-307, 2019.

RINALDI, L. K. **Fungos de armazenamento, contaminantes ou saprófitas**. Disponível em: [https://www.linkedin.com/posts/luanna-karoline-rinaldi-44b363a1\\_sementes-armazenagem-teste-activity-6976143111362109440-qbB0/?trk=public\\_profile\\_like\\_view&originalSubdomain=pt](https://www.linkedin.com/posts/luanna-karoline-rinaldi-44b363a1_sementes-armazenagem-teste-activity-6976143111362109440-qbB0/?trk=public_profile_like_view&originalSubdomain=pt). Acesso em: 23/11/2023.

RUPOLLO, G. *et al.* Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.

SANTOS, I. S. **Antagonismo de isolados de Trichoderma frente a fungos associados a sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2018. 46p. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2018.

SCHURT, D. A. *et al.* Tratamentos químicos e biológicos de sementes para controle da mela do feijão-caupi. **Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 1, p. 30-36, 2017.

SIQUEIRA, I. T. D. *et al.* Indução de resistência por acibenzolar-S-metil em feijão caupi no controle da antracnose. **Summa phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 76-82, 2019.

TENÓRIO, D. A. *et al.* Biological control of *Rhizoctonia solani* in cowpea plants using yeast. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, n. 2, p. 113-119, 2019.

WANGHUNDE, R.; SHELAKE, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, 2016.

YAKUBU, I. Efficacy of some bio-control agent formulations on scab of cowpea and groundnut late leaf spot in the Nigerian savana. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v. 36, n. 1, p. 34-40, 2019.



## Capítulo 14

### DESENVOLVIMENTO DE SOJA SUBMETIDA A ESTRESSE HÍDRICO

Joana D'arc Mendes Vieira<sup>1</sup>, Tiago Augusto Drews<sup>2</sup>, Francisco José Lino de Sousa<sup>2</sup>, Carla Michelle da Silva<sup>3</sup>, Erivan dos Santos Sousa<sup>2</sup>, Higor Macarter Senra<sup>2</sup>, Daniela Vieira Chaves<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG, E-mail: agrojoana@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Piauí - UFPI, Bom Jesus - PI

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa - MG

#### INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] é a principal oleaginosa cultivada no Brasil, com área de aproximadamente 45 milhões de hectares, 2,8% superior ao da safra 2022/23, sendo o Brasil, o maior produtor mundial com mais de 162 milhões de toneladas e produtividade de 3.586 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023). Ainda segundo a Conab, a região do Cerrado piauiense apresenta perspectiva de aumento significativo de áreas cultivadas, já que na última safra um acréscimo de 0,6% proporcionou incremento de 4,6% na produção final de grãos.

Mesmo com esses bons resultados, o rendimento de soja é determinado por uma combinação de fatores, incluindo genética, condições ambientais, práticas de manejo e suas interações (VAN ROEKEL *et al.* 2015). Para que as cultivares expressem seu potencial máximo produtivo, além do componente genético, as condições ambientais e práticas de manejo são determinantes para o desempenho produtivo da soja, pois o potencial genético das plantas em relação à produtividade só pode ser alcançado se todos os fatores ambientais forem otimizados, e isso é aplicável à produtividade agrícola em geral (DENETTI *et al.*, 2022). Para que a soja possa desempenhar todo o seu potencial produtivo, é essencial que as condições ambientais atendam às necessidades da cultura e que os manejos de implantação e produção sejam feitos de forma correta, pois são fatores essenciais para o sucesso do cultivo (KUMAGAI, 2020).

Além disso, a utilização de sementes com qualidade e o emprego de produtos que possibilitem melhoria do desempenho destas no campo são elementos importantes para uma alta produção agrícola (LUDWIG *et al.*, 2011).

Uma das tecnologias que vem ganhando destaque é o uso de reguladores vegetais e/ou bioestimulantes, no qual, são substâncias que, quando aplicadas exogenamente, possuem ações semelhantes às dos grupos de fitormônios conhecidos, que promovem, inibem ou modificam processos fisiológicos e morfológicos do vegetal (OLIVEIRA; SOUZA, 2016).

Os bioestimulantes são uma opção viável para mitigar os efeitos fisiológicos negativos do estresse hídrico na cultura da soja, além de ajudar a planta a resistir ao estresse hídrico (CAVALCANTE *et al.*, 2020). De acordo com um estudo realizado por TMF Fertilizantes, os bioestimulantes aumentam o processo de absorção de água pelas plantas e potencializam sua resistência contra o estresse hídrico, contribuindo para que a cultura sofra menos impactos com um possível período de seca ou com uma irrigação inadequada. Além disso, os bioestimulantes favorecem a produção agrícola em diversos aspectos ao modular a eficiência de processos fisiológicos nas culturas, apresentando resultados positivos sobre a produtividade e qualidade das mesmas (TMF FERTILIZANTES, 2023). Essas substâncias também contribuem para uma maior resistência a insetos, pragas e doenças, e promovem um aumento significativo do comprimento e densidade de raízes, favorecendo a absorção de nutrientes via um aumento na sua área superficial de absorção.

Dessa forma, os bioestimulantes apresentam benefícios significativos para as plantas sob estresse hídrico, contribuindo para a melhoria da resistência das plantas, a resistência a pragas e doenças, e a eficiência nutricional das culturas. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho avaliar diferentes doses do bioestimulante Stimulate® no desempenho agrônômico da soja submetida ao déficit hídrico.

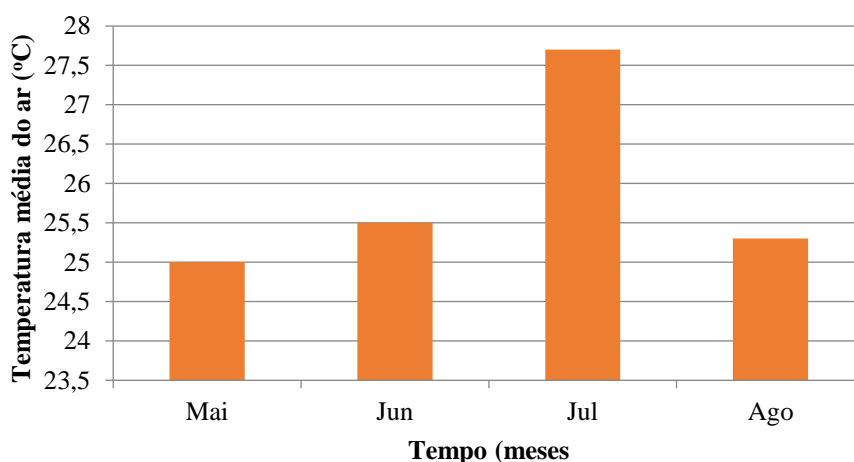
## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (telado), utilizando sombrite com malha de 50% de sombreamento, do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, campus Professora Cinobelina Elvas, Universidade Federal do Piauí - UFPI, Bom Jesus (PI)

localizada a 09°04'28"S, 44°21'31"W, com altitude média de 277 m, no período de 22/05 a 14/08/2015.

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade de 8 litros $\text{dm}^3$ , contendo, terra da camada arável de um solo coletado na Fazenda São João, município de Currais Novos, classificado como Latossolo amarelo distrófico (EMBRAPA, 1999). A correção do solo foi realizada conforme a interpretação da análise química do solo. No laboratório da UFPI foram determinados: pH = 5,6, P = 18,77 mg  $\text{dm}^{-3}$ , K = 18,4 mg  $\text{dm}^{-3}$ , Ca = 3,7 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , Mg = 1,8 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , H+Al = 5,78 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , SB = 5,55 cmolc  $\text{dm}^{-3}$ , T = 11,33 cmolc  $\text{dm}^{-3}$  e V = 49%) e MO = 15,2 g  $\text{dm}^{-3}$ . A análise física do solo constou os seguintes componentes: areia = 68,3%; argila = 24,17%; e silte = 7,53%.

Os dados climáticos referentes à temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) foram coletados diariamente durante o período do ensaio e apresentaram os seguintes resultados (Figura 1):



**Figura 1.** Evolução temporal da temperatura média do ar durante o desenvolvimento do experimento.

O cultivar de soja estudado foi o semiprecoce Syn1281 RR, sendo aplicado antes da semeadura o tratamento de sementes com o inoculante contendo *Bradyrhizobium japonicum* (100 mL 50  $\text{Kg}^{-1}$ ) e o fungicida StandakTop® (100 mL  $\text{ha}^{-1}$ ).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, sendo o primeiro fator doses de Stimulate® (testemunha - 0, 0,25 L 100  $\text{Kg}^{-1}$ , 0,5 L 100  $\text{Kg}^{-1}$ , 0,75 L 100  $\text{Kg}^{-1}$ , 1,0 L 100  $\text{Kg}^{-1}$  e 1,25 L 100  $\text{Kg}^{-1}$ ) e o segundo fator vasos sem estresse (100% da capacidade de campo) e com estresse (50% da

capacidade de campo), com quatro repetições e duas plantas por vaso como unidade experimental.

O Stimulate® foi aplicado como tratamento de sementes, com auxílio de sacos plásticos de 1,0 kg, onde foram agitados até completa homogeneização do produto nas sementes. Já o estresse hídrico foi aplicado nas plantas de soja quando estas estavam no estágio reprodutivo (do florescimento – R1- ao enchimento de grãos – R6).

A montagem do experimento (semeadura) foi realizada no dia 22/05/2015, sendo colocado oito sementes por vaso. Após a emergência foi realizado o desbaste (05/06/2015), deixando apenas duas plantas mais vigorosas por vaso.

Durante o ciclo da cultura, foi realizado manejo fitossanitário utilizando os seguintes princípios ativos: tiofanato metílico + flutriafol 0,6 L ha<sup>-1</sup> (fungicida) e abamectina 0,5 L ha<sup>-1</sup> (inseticida), para o combate de oídio e ácaro-vermelho, respectivamente, sendo aplicados na época e dose recomendada pelo fabricante. Além destes, produtos para a nutrição mineral foram aplicados: 7,5% de N + 2,5% de ácidos húmicos + 12,5% de ácidos fúlvicos + 5,35% de aminoácidos totais + 4,39% de aminoácidos livres + 6,0% de carbono orgânico total com densidade 1,5 g cm<sup>-3</sup> (0,5 L ha<sup>-1</sup>); 30% de P + 20% de K<sub>2</sub>O (0,8 L ha<sup>-1</sup>); e 20% de Ca + 4,0 % B + 2% de K<sub>2</sub>O (1 Kg ha<sup>-1</sup>).

Aos 83 dias após a semeadura (DAS), as seguintes análises foram realizadas nas plantas: área foliar (ARF), medindo o maior comprimento e a maior largura do trifólio central; comprimento de entrenós (CDE) e comprimento de vagens (CDV), com auxílio de um paquímetro; número de grãos por vagem (GPV), por meio de contagem; fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca total da parte aérea (FSTPA), peso seco da raiz (PSR) e peso seco de grãos (PSG), utilizando a estufa de circulação forçada na temperatura de 65° até peso constante e, posteriormente, pesando as amostras secas em balança digital. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, foram aplicados teste de médias (Tukey a 5% de probabilidade), com auxílio do programa R.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos para as variáveis grãos por vagem (GPV), fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca total da parte aérea (FSTPA), peso seco de grãos (PSG) e peso seco da raiz (PSR), não houve efeito significativo entre os

fatores estresse e as diferentes doses de bioestimulante, bem como sua interação em plantas de soja (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumos das análises de variância para as variáveis: área foliar (ARF), comprimento de entrenós (CDE), comprimento de vagens (CDV), grãos por vagem (GPV), fitomassa seca da folha (FSF), fitomassa seca do caule (FSC), fitomassa seca total da parte aérea (FSTPA), peso seco de grãos (PSG) e peso seco da raiz (PSR) de soja submetido a diferentes níveis de reposição hídrica e doses de estimulante

FV	GL	QM								
		ARF (cm <sup>2</sup> )	CDE (mm)	CDV (mm)	GPV (u)	FSF (g)	FSC (g)	FSTPA (g)	PSG (g)	PSR (g)
Estresse (E)	1	459830,45*	16,33 <sup>ns</sup>	17,77*	35,88 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	58,01 <sup>ns</sup>
Doses (D)	5	56229,64 <sup>ns</sup>	12,49 <sup>ns</sup>	2,10 <sup>ns</sup>	9,51 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	33,96 <sup>ns</sup>
ExD	5	98035,56 <sup>ns</sup>	88,83**	2,39 <sup>ns</sup>	13,47 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>ns</sup>	21,24 <sup>ns</sup>
Erro	36	92538,39	23,50	2,72	8,81	0,80	1,14	0,80	1,23	39,91
CV (%)		22,49	9,25	4,18	14,28	26,20	21,49	26,20	23,63	45,62

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade, \* significativo ao nível de 5% de probabilidade e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

A maioria das variáveis não apresentaram resultados significativos para o nível estresse, isso pode ser justificado pela fisiologia da soja, pois nessa pode ocorrer alterações em nível do metabolismo, bem como morfológico, que pode promover um ajuste da planta ao ambiente adverso (FERRARI *et al.*, 2015). Quanto a variável NPV, Bertolin *et al.* (2010), observou que não houve alteração significativa pela aplicação do produto em relação as cultivares de soja conquista e valiosa RR. De forma similar, Klahold *et al.* (2006) ao avaliar esta variável em função da aplicação do bioestimulante na soja. Ávila *et al.* (2010) também reforça que não encontrou diferença estatística para GPV ao avaliar a eficiência de bioestimulante, cálcio e boro em diferentes estádios da cultura do feijoeiro cultivado solo arenoso sob sistema de irrigação e não irrigado. É importante salientar que as plantas sob aplicação de reguladores vegetais podem apresentar comportamento diferentes com as variações das condições ambientais ou até mesmo pode estar associado a diferentes mecanismos metabólicos e, ou, morfogenéticos do cultivar.

Para a variável área foliar houve efeito significativo para o fator estresse (Tabela 1), exibindo maiores médias as plantas que receberam água em 100% da capacidade de

campo, enquanto que as menores médias foram verificadas naquelas que receberam 50% da CC (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios de área foliar (ARF) e comprimento de vagens (CDV) de soja em função da ausência e presença de estresse hídrico

Estresse	ARF (cm <sup>2</sup> )	CDV (mm)
Sem	1450,438 a*	38,8771 b
Com	1254,685 b	40,0942 a

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Esse resultado provavelmente pode ser explicado pelo fato de que os déficits hídricos promovem a inibição do crescimento e da fotossíntese, pois afeta o bom funcionamento dos processos fisiológicos da soja, com isso, a pouca disponibilidade de água interfere na expansão celular e conseqüentemente no alargamento foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013). Outro fator importante que pode ter influenciado esse resultado é que as plantas expostas a déficit hídrico exibem desequilíbrio na captação de energia e no metabolismo, pois ocasiona uma diminuição na reação fotoquímica e aumento na dissipação de energia (LAWLOR; TEZARA, 2009). Segundo esses autores, o estresse hídrico moderado ocasiona um decréscimo na taxa de fotossíntese, no entanto, reações de transporte de elétrons, de redução do NADP, e luminosas, permanecem constantes, procedendo a um desequilíbrio energético, promovendo decréscimo na atividade da rubisco. Outro fator para significância dessa variável diz respeito à interferência do estresse na fixação biológica de nitrogênio, e isso causa uma diminuição da fotossíntese e conseqüentemente menor área foliar (KASCHUK et al., 2010).

Para a variável comprimento de vagens observou-se diferença significativa no fator estresse hídrico (Tabela 1), nota-se que com estresse houve vagens com maior comprimento (40,09 mm) em relação aos tratamentos sem estresse (38,87 mm) (Tabela 2). Fiegenbaum et al. (1990) trabalhando com cultivares de feijão observaram que o comprimento de vagens diminuiu significativamente em resposta ao déficit hídrico. Silva et al. (2014), comprovou que aplicação da menor taxa de água (40% da Etc) obteve vagens menores em relação a sua taxa máxima de aplicação. Porém Oliveira *et al.* (2011) não observaram diferenças quando submeteram as plantas de feijão caupi em diferentes lâminas de irrigação.

Segundo Pallas *et al.* (1979), a planta pode apresentar uma resposta adaptativa à seca, exemplificando o amendoim e soja que se recuperam bem com a atenuação do estresse hídrico. Chaves Filho e Seraphin (2001) com *Solanum lycocarpum* observaram que, mesmo estando o teor de umidade abaixo do ponto de murcha permanente, as plantas foram capazes de manter o seu teor hídrico foliar no mesmo nível do que os das plantas em substrato em capacidade de campo que provavelmente foi pela absorção das raízes e o fechamento dos estômatos.

Quanto a variável comprimento médio de entrenós, houve efeito significativo para interação entre os fatores a 1% de probabilidade (Tabela 1). Para tanto, foi realizado o desdobramento na análise estatística, que permitiu distinguir que a aplicação via semente do bioestimulante em plantas sem estresse hídrico proporcionaram aumento no comprimento médio em relação a dose 0, sendo que a dose 0,25 foi a que obteve maiores valores para a variável, porém esta mesma dose em condições de estresse hídrico apresentou menores valores. Desta forma, para as plantas de soja mantidas sem estresse hídrico a dose de 0,25 foi eficiente, pois proporciona um aumento do comprimento médio de entrenós com uma menor quantidade de produto, porém observa-se que plantas em estresse hídrico sem aplicação do estimulante não diferiu significativamente da mesma, sendo que o estimulante não proporcionou incremento no CDE, abrindo precedentes para mais estudos sobre o fator estresse nesse cultivar.

**Tabela 3.** Comprimento de entrenós em função das doses (L 100 Kg<sup>-1</sup>) de estimulante e da ausência e presença de estresse hídrico

Condições Hídricas	Doses (L 100 Kg <sup>-1</sup> )					
	0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25
	CDE (mm)					
Sem	45,73bB	58,28aA	51,63aAB	54,43aAB	48,99aAB	51,96aAB
Com	56,48aA	49,58bA	52,93aA	50,95aA	52,86aA	55,27aA

Médias seguidas de letras maiúsculas comparação entre doses e minúsculas comparação entre condições hídricas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O CDE está relacionado à altura de plantas. Esta variável depende da alongação do caule, a qual ocorre em função do número e do comprimento dos internódios (TAIZ; ZEIGER, 2013), sendo influenciada pelo suprimento de umidade (GUIMARÃES *et al.*, 2008). Em soja, o estresse hídrico determina a ocorrência de plantas menos

desenvolvidas, com estatura reduzida e comprimento de entrenós curtos (FERRARI *et al.*, 2015). Porém, quando as plantas são submetidas ao estresse hídrico, estas podem utilizar de estratégias para diminuir os efeitos da seca, para isso utilizam-se de mecanismos de tolerância, como o ajuste osmótico, pois desta forma as células absorvem água e mantem o potencial de pressão em níveis adequados (MORANDO *et al.*, 2014). O bioestimulante incrementou o CME nas plantas com estresse, entretanto não efeito semelhante para plantas sem estresse. De acordo com Baldo *et al.* (2009) em algodão o uso do mesmo estimulante vegetal não causou incremento da altura das plantas quando estas sofreram estresse hídrico.

## CONCLUSÃO

As doses de Stimulate® não influenciaram as variáveis avaliadas na soja.

As condições hídricas apresentaram efeito na área foliar, que obteve maior média na ausência do estresse, ocorrendo o contrário no comprimento de vagens.

O comprimento de entrenós de soja em déficit hídrico sem aplicação de Stimulate® constitui a alternativa menos onerosa, pois em situações de veranico, apresenta resultados semelhantes a plantas em condições de capacidade de campo, além disso, não elevaria os gastos com a produção pela ausência da aplicação do bioestimulante.

## AGRADECIMENTOS

À universidade Federal do Piauí, CAPES e FAPEPI, pelo apoio e suporte financeiro durante a realização do experimento.

## REFERÊNCIAS

ÁVILA, M. R. *et al.* Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. **Scientia Agrária**, v. 11, p. 221-230, 2010.

BALDO, R. *et al.* Comportamento do algodoeiro cultivar Delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1804-1812, 2009.



Bertolin CD, *et al.* Aumento da produtividade de soja com aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, v. 69, p. 339 – 347, 2010.

CAVALCANTE, W. S. S. et al. Eficiência dos bioestimulantes no manejo do déficit hídrico na cultura da soja. Irriga, Inovagri, Notas Técnicas, Botucatu, v. 25, n. 4, p.754-763, 2020.

CHAVES FILHO, J. T.; SERAPHIN, E. S. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 199-204, 2001.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, safra 2023/24, v. 11, n. 2. Brasília: CONAB, 2023. 111p.

DENETTI, A. F. H. *et al.* Resposta de cultivares de soja à redução na densidade de plantas no planalto norte catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 21, p. 123-136, 2022

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, v. 3, p. 67-77, 2015.

FIEGENBAUM, V. *et al.* Influência do déficit hídrico sobre os componentes de rendimento de três cultivares de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, p. 275-280, 1991.

GUIMARÃES FS, *et al.* Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 1099-1106, 2008.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Differences in photosynthetic behavior and leaf senescence of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] dependent on N<sub>2</sub> fixation or nitrate supply. **Plant Biology**, v. 12, p. 60-69, 2010.

KLAHOLD, C. A.; *et al.* Resposta da soja [*Glycine max* (L.) Merrill] à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 179-185, 2006.

KUMAGAI, E. Agronomic responses of soybean cultivars to narrow intra-row spacing in a cool region of northern Japan. **Plant Production Science**, v. 24, p. 29-40, 2020.

LAWLOR, D. W.; TEZARA, W. Causes of decreased photosynthetic rate and metabolic capacity in water-deficient leaf cells: a critical evaluation of mechanisms and integration of processes. **Annals of Botany**, v. 103, p. 561-579, 2009.

LUDWIG, M. P. *et al.* Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 395 – 406, 2011.

MORANDO, R. *et al.* Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomy Science**, v. 3, p. 114-129, 2014.

OLIVEIRA GA, *et al.* Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 872-882, 2011.

OLIVEIRA, N. T.; SOUSA, S. M. Bioestimulantes à base de substâncias húmicas e aminoácidos promovem o aumento do crescimento de plântulas de milho. **Saberes**, v. 1, p. 78-83, 2016.

PALLAS, J. E.; STANSELL, J. R.; KOSKE, T. J. Effects of drought on florunner peanuts. **Agronomy Journal**, v. 71, p. 853-858, 1979.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>> 2014.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. **Plant physiology**. California: Wadsworth, 1992. 682p.

SILVA, A. R. F. **Componentes de produção e fisiológicos em ecótipos de *Vigna* sob reposição hídrica**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa algodão, Campina Grande-PB, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

TMF FERTILIZANTES. **Bioestimulantes e sua importância para manter o solo em equilíbrio**. Disponível em: <https://tmffertilizantes.com.br/bioestimulantes-e-sua-importancia-para-manter-o-solo-em-equilibrio/>. Acesso em: 24/11/2023.

VAN ROEKEL, R. J. *et al.* Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**, v. 182, p. 86-97, 2015.

## ORGANIZADORES

### **Joyce Naiara da Silva**

Doutoranda em Agronomia pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, com área de concentração em Agricultura Tropical e linha de pesquisa em Ciência e Tecnologia de Sementes, Bioquímica e Fisiologia Pós-Colheita com ênfase em Sementes. Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (2019). Técnica em Agropecuária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano - Campus Floresta (2013). Possui experiência em pesquisas direcionadas para tecnologia de sementes de espécies florestais.

### **Carla Michelle da Silva**

Doutora em Fitotecnia (UFV). Mestre em Agronomia/Fitotecnia (UFPI). Especialista em Gestão Ambiental (FINOM), em Biologia e Química (URCA) e em Consultoria e Licenciamento Ambiental (Faculdade Única de Ipatinga). Graduada em Ciências Biológicas (Universidade Iguazu), em Engenharia Agrônoma (UESPI) e em Pedagogia (Faculdade Única de Ipatinga).

### **Antônio Veimar da Silva**

Doutorado em Agronomia - Grandes Culturas (UFPB). Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (UNICSUL). Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho (Faculdade Única), Especialista em Ensino de Matemática (FINON), Docência do Ensino Superior (ISEPRO), Fitotecnia (IFPI), Proteção de Plantas (UFV). Graduado em Pedagogia (UFPI), Matemática (UESPI) e Engenharia Agrônoma (UESPI), Curso Técnico em Segurança no Trabalho. Participa do grupo de pesquisa ITESI/CNPq - Grupo de Pesquisa Itinerários Interdisciplinares em Estudos Sobre o Imaginário, Linguagens e Culturas. Possui experiência em pesquisas direcionadas na área de Matemática, Pedagogia e Agronomia.

**Manoel Cícero de Oliveira Filho**

Engenheiro Agrônomo formado pela Universidade Estadual do Piauí - UESPI (2019), possui Mestrado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2022) e atualmente é discente a nível de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro) da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia, Campus II, realizando pesquisas na linha de Biotecnologia e Proteção de Plantas Cultivadas na subárea de Entomologia. Possui experiência com levantamento da entomofauna, controle biológico e alternativo de insetos-praga e criação de insetos em laboratório.



ISBN 978-656009047-7



9 786560 090477

