

Francisco Jorge Carlos Souza Junior
Mayara Castro Assunção
Tatiane Santos da Silva
(Orgs.)

AVANÇOS DA
PESQUISA E INOVAÇÃO
EM SISTEMAS AGRÍCOLAS

CONJUNTURAS DA CIÊNCIAS AGRÁRIAS



científica digital



EDITORA CIENTÍFICA DIGITAL LTDA

Guarujá - São Paulo - Brasil

www.editoracientifica.com.br - contato@editoracientifica.com.br

Diagramação e Arte Edição © 2023 Editora Científica Digital
Equipe Editorial Texto © 2023 Os Autores
Imagens da Capa 1ª Edição - 2023
Adobe Stock - 2023 Acesso Livre - Open Access
Revisão
Os Autores

© COPYRIGHT DIREITOS RESERVADOS. A editora detém os direitos autorais pela edição e projeto gráfico. Os autores detêm os direitos autorais dos seus respectivos textos. Esta obra foi licenciada com uma Licença de Atribuição Creative Commons – Atribuição 4.0 Internacional, permitindo o download e compartilhamento integral ou em partes, desde que seja citada a fonte, com os créditos atribuídos aos autores e obrigatoriamente no formato Acesso Livre (Open Access) e sem a possibilidade de alteração de nenhuma forma. É proibida a catalogação em plataformas com acesso restrito e/ou com fins comerciais.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A946 Avanços da pesquisa e inovação em sistemas agrícolas: conjunturas da ciências agrárias / Organizadores Francisco Jorge Carlos Souza Junior, Mayara Castro Assunção, Tatiane Santos da Silva. – Guarujá-SP: Científica Digital, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia
ISBN 978-65-5360-483-4
DOI 10.37885/978-65-5360-483-4

1. Ciências agrárias. I. Souza Junior, Francisco Jorge Carlos (Organizador). II. Assunção, Mayara Castro (Organizadora). III. Silva, Tatiane Santos da (Organizadora). IV. Título.

CDD 630

Elaborado por Janaína Ramos – CRB-8/9166

Índice para catálogo sistemático:
I. Ciências agrárias

E-BOOK

ACESSO LIVRE ON LINE - IMPRESSÃO PROIBIDA

2023

Francisco Jorge Carlos Souza Junior
Mayara Castro Assunção
Tatiane Santos da Silva
(Orgs.)

**Avanços da Pesquisa e Inovação em
Sistemas Agrícolas: Conjunturas da
Ciências Agrárias**

1ª EDIÇÃO



científica digital

2023 - GUARUJÁ - SP

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. André Cutrim Carvalho
Prof. Dr. Antônio Marcos Mota Miranda
Prof^a. Ma. Auristela Correa Castro
Prof. Dr. Carlos Alberto Martins Cordeiro
Prof. Dr. Carlos Alexandre Oelke
Prof^a. Dra. Caroline Nóbrega de Almeida
Prof^a. Dra. Clara Mockdece Neves
Prof^a. Dra. Claudia Maria Rinhel-Silva
Prof^a. Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
Prof. Dr. Cristiano Marins
Prof^a. Dra. Cristina Berger Fadel
Prof. Dr. Daniel Luciano Gevehr
Prof. Dr. Diogo da Silva Cardoso
Prof. Dr. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes
Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Prof^a. Dra. Fernanda Rezende
Prof. Dr. Flávio Aparecido de Almeida
Prof^a. Dra. Francine Náthalie Ferraresi Queluz
Prof^a. Dra. Geuciane Felipe Guerim Fernandes

Prof. Dr. Humberto Costa
Prof. Dr. Joachin Melo Azevedo Neto
Prof. Dr. Jónata Ferreira de Moura
Prof. Dr. José Aderval Aragão
Prof. Me. Julianno Pizzano Ayoub
Prof. Dr. Leonardo Augusto Couto Finelli
Prof. Dr. Luiz Gonzaga Lapa Junior
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva
Prof^a. Dra. Maria Cristina Zago
Prof^a. Dra. Maria Otília Zangão
Prof. Dr. Mário Henrique Gomes
Prof. Dr. Nelson J. Almeida
Prof. Dr. Octávio Barbosa Neto
Prof. Dr. Pedro Afonso Cortez
Prof. Dr. Reinaldo Pacheco dos Santos
Prof. Dr. Rogério de Melo Grillo
Prof^a. Dra. Rosenery Pimentel Nascimento
Prof. Dr. Rossano Sartori Dal Molin
Prof. Me. Silvio Almeida Junior
Prof^a. Dra. Thays Zigante Furlan Ribeiro
Prof. Dr. Wesceley Viana Evangelista
Prof. Dr. Willian Carboni Viana
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Acesse a lista completa dos Membros do Conselho Editorial em www.editoracientifica.com.br/conselho

Parecer e revisão por pares

Os textos que compõem esta obra foram submetidos para avaliação do Conselho Editorial da Editora Científica Digital, sendo aprovados na revisão por pares e indicados para publicação.

Nota: Esta obra é uma produção colaborativa, tornando-se uma coletânea com reservas de direitos autorais para os autores. Alguns capítulos podem ser derivados de outros trabalhos já apresentados em eventos acadêmicos, todavia, os autores foram instruídos ao cuidado com o autoplágio. A responsabilidade pelo conteúdo de cada capítulo é exclusiva dos/as respectivos/as autores/as, não representando, necessariamente, a opinião da editora, tampouco dos organizadores e membros do conselho editorial.

APRESENTAÇÃO

Esta obra é resultado de um processo colaborativo entre professores, estudantes e pesquisadores brasileiros e estrangeiros que promoveram pesquisas no âmbito das Ciências Agrárias e suas multidisciplinaridades, destacando e qualificando temas importantes a serem debatidos para a construção de conhecimento. As discussões abordadas são originárias das mais diversas áreas, dentro do escopo das Ciências Agrárias, e de diferentes Instituições de Educação Superior públicas de abrangência nacional e internacional. Tem como objetivo integrar redes de estudos científicos que fomentem inovações e atualidades relacionadas aos diversos setores da cadeia produtiva agrícola, incitando a formação continuada dos profissionais envolvidos nesta esfera, além da importância do acesso para a sociedade. Os organizadores agradecem aos autores pela contribuição, disponibilidade e comprometimento para a elaboração desse livro, e que esta obra se torne mais uma fonte de pesquisa e conhecimento para estudantes, professores e demais interessados pela temática. Aos leitores, desejamos uma excelente leitura.

Francisco Jorge Carlos de Souza Junior

Mayara Castro Assunção

Tatiane Santos da Silva

SUMÁRIO

Capítulo 01

POTENCIAL DO EXTRATO AQUOSO DE *CHENOPODIUM AMBROSIODES* L. NO MANEJO DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* EM TOMATEIRO

Laianny Morais Maia; Carmem Dolores Gonzaga Santos; Francisco Jorge Carlos de Souza Junior

doi 10.37885/230914265 9

Capítulo 02

FUSARIOSE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: IMPACTO E DANOS EM CULTURAS AGRÍCOLAS

Sávio Santos Gomes Lucas; Carlos Eduardo Gomes de Freitas; Davi Nantua do Nascimento Meneses; Vanessa Emanuele Beserra Freire; Sebastião Higo Nunes de Souza; Mayara Castro Assunção; Francisco Jorge Carlos de Souza Junior

doi 10.37885/231114945 21

Capítulo 03

NEMATOIDE DAS GALHAS ASSOCIADO A CULTURA DA GOIABEIRA EM LIMOEIRO DO NORTE, CEARÁ

Francisco Jorge Carlos de Souza Junior; Sávio Santos Gomes Lucas; Emanuele Lucas Moura; Mayara Castro Assunção

doi 10.37885/231114944 42

Capítulo 04

ADUBAÇÃO DE SISTEMAS: PRÁTICA QUE OTIMIZA O USO DE NUTRIENTES E AUMENTA A EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

Jaqueline Beatris Zanella; Pedro Horevicz Dambros; Igor Kieling Severo; Marcus Vinicius Talamini Junior; Marlise Nara Ciotta; André Brugnara Soares

doi 10.37885/231014847 55

Capítulo 05

ESTIMATIVA DA DIVERSIDADE MORFOAGRONÔMICA DE FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS*) ORIUNDOS DE DIFERENTES REGIÕES DO ESPÍRITO SANTO

Amanda Fagundes Zambom; Sara de Oliveira Olimpio; Thiarly de Abreu Carvalho; Bárbara Caetano Ferreira; João Pedro Moraes Almeida Campos; Vinicius Alves Porto Rodrigues; João Carlos Júnior Cansian; Rafael de Almeida Nunes; José Dias de Souza Neto; Monique Moreira Moulin

doi 10.37885/231014885 72

Capítulo 06**INSETICIDAS INFLUENCIANDO O CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIEIRO
(*COFFEA ARABICA* L.)**

Adélio Barbosa Teixeira; Luciana de Paula Cruz; Maria Gabrielle da Silva; Lariça Ferreira Silva; Maria Elisa Sena Fernandes; Marcela Martins de Assis; Flávio Lemes Fernandes

 10.37885/230914224 89

Capítulo 07**PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE FORRAGEM E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA
DO CAPIM-IPYPORÃ (*BRACHIARIA RUZIZIENSIS* VS. *BRACHIARIA BRIZANTHA*)
COM A INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM BIOESTIMULANTE**

Gabriel Estevam Augusti Ferreira; Adélio Barbosa Teixeira; João Guilherme Barberá Sarni; Gustavo Inocente da Silva; Alex Henrique da Silva; Luciana de Paula Cruz; Ana Cristina Pinto Rodrigues; Liandra Maria Abaker Bertipaglia; Valdo Rodrigues Herling

 10.37885/230914328 101

Capítulo 08**APRIMORANDO A GESTÃO DE NUTRIENTES DO SOLO COM MICRORGANISMOS
SOLUBILIZADORES DE FOSFATO**

Dalila da Costa Gonçalves; Wilian Rodrigues Ribeiro; Serli de Oliveira Cabral; Vanessa Sessa Dian; Breno Benvindo dos Anjos; Pedro Henrique de Paula; Laiane Silva Maciel; Fabio Ramos Alves; Willian Bucker Moraes; André A. Silva Xavier

 10.37885/231014887 112

Capítulo 09**REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES
DE COLLE (*BUDDLEJA CORIACEA* R.)**

Brenda Leona Navarro Pablo; Erika Rocío Arauco Cordova; Josué Hernán Inga Ortiz; Fernando James Alvarez Rodríguez; Alfredo Rubén Bernal Marcelo; Toribio Hurtado Alvarado

 10.37885/231014836 130

Capítulo 10**UTILIZAÇÃO DA POLPA DE TOMATE EM REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA
O FRUTO**

Vitória Jakeline Ornelas e Silva; Gabriela Andrade Alves; Valdeir de Oliveira Guimarães; Fabrícia Queiroz Mendes; Allan Robledo Fialho e Moraes; Maria Elisa de Sena Fernandes

 10.37885/231014889 143

Capítulo 11

EFICIÊNCIA AMBIENTAL NA AGRICULTURA IRRIGADA

Morgana Scaramussa Gonçalves; Wilian Rodrigues Ribeiro; Dalila da Costa Gonçalves; Daniel Soares Ferreira; Lucas Rosa Pereira; Camila Aparecida da Silva Martins; José Francisco Teixeira do Amaral; Edvaldo Fialho dos Reis

 10.37885/231115044 153

SOBRE OS ORGANIZADORES 170

ÍNDICE REMISSIVO 171

POTENCIAL DO EXTRATO AQUOSO DE *CHENOPODIUM AMBROSIOIDES* L. NO MANEJO DE *MELOIDOGYNE INCOGNITA* EM TOMATEIRO

Laianny Morais Maia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Carmem Dolores Gonzaga Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Francisco Jorge Carlos de Souza Junior
Secretária de Educação do Estado do Ceará

RESUMO

Objetivo: Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do extrato aquoso de mastruz aplicado ao solo no manejo de *Meloidogyne incognita*. **Métodos:** Para estudar o efeito da aplicação do extrato de *C. ambrosioides* em solo infestado com *M. incognita*, foram distribuídas alíquotas contendo 5.000 ovos e J2/vaso em solo autoclavado. No dia seguinte à infestação do solo, realizou-se a aplicação de 30 mL do extrato aquoso de mastruz nas concentrações de 5 e 10%. Quarenta e cinco dias após o transplante, as plantas de tomateiro foram retiradas para a avaliação da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura da planta (AP) e massa fresca da raiz (MFR). As raízes foram imersas em água para remoção do solo aderido e, com isso, possibilitar melhor observação da raiz para contagem do número de galhas (NG), número de massas ovos (NMO) e número de ovos (NO) de cada planta em cada tratamento. **Resultados:** A aplicação do extrato aquoso ao solo causou a redução da infecção de *M. incognita* em até 99,3%. **Conclusão:** O extrato aquoso de *C. ambrosioides* pode ser considerado um produto natural promissor no manejo de *Meloidogyne incognita*.

Palavras-chave: Controle Alternativo, Fitonematoides, Mastruz.

INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças de maior importância econômica no mundo. Grande parte das áreas de cultivo desta hortaliça são afetadas pelo nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.), diminuindo o rendimento da cultura (KUROZAWA; PAVAN, 2005). Plantas de tomateiros quando atacadas por *Meloidogyne* spp. apresentam o sistema radicular completamente desorganizado, com poucas raízes funcionais, podendo levar à morte de mudas no campo, quando no início de cultura. E nas plantas remanescentes a produção é fortemente afetada em quantidade e qualidade dos frutos. Além disso, o ataque desses nematoides torna as plantas mais suscetíveis ao ataque de outros fitopatógenos, como fungos e bactérias (ALVARENGA, 2004; GRECO; DI VITO, 2009). Em condições favoráveis, os danos causados por este patógeno na cultura podem variar entre 30 e 40% (ANWAR; MCKENRY, 2012).

As principais medidas de controle recomendadas para o manejo do nematoide das galhas são a rotação de cultura, o cultivo de espécies antagônicas, incorporação de matéria orgânica, a solarização, o uso de variedades resistentes, o controle biológico e o controle químico (FERRAZ; BROWN, 2016). Contudo, após a introdução e estabelecimento destes nematoides em uma área, a sua erradicação é muito complexa (FERRAZ; FREITAS, 2004). O uso de nematicidas vem sendo limitado devido ao alto risco de contaminação ambiental, alto custo, alta toxicidade ao ser humano e animais e redução de sua eficácia no controle depois de repetidas aplicações (DONG; ZHANG, 2006).

Portanto, a constante busca de novas práticas de controle, em substituição aos nematicidas químicos constitui-se uma demanda mundial. O uso de extratos vegetais e óleos essenciais de diferentes espécies vegetais (FERRAZ; MONTEIRO, 2011; MOREIRA *et al.*, 2015) vêm sendo pesquisado como uma alternativa para o manejo de fitonematoides (TAIZ; ZEIGHER, 2004). Dentre as espécies botânicas que sintetizam compostos eficientes no controle de fitonematoides destaca-se a *Chenopodium ambrosioides* L., popularmente conhecida como mastruz ou erva Santa Maria. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do extrato aquoso aplicado ao solo e na imersão de plantas infectadas no manejo de *Meloidogyne* spp.

MÉTODOS

Obtenção do extrato aquoso de *C. ambrosioides*

As plantas de *C. ambrosioides* foram coletadas nos municípios cearenses de Guaramiranga, Aquiraz e Fortaleza, no estágio de crescimento ou de florescimento. As folhas foram submetidas ao processo de secagem em sacos de papel em estufa de circulação forçada de ar na temperatura de 40 °C durante 72 horas, seguida de pesagens. Em seguida, as folhas secas foram imersas em água destilada por 24 horas. Decorrido este tempo, as folhas foram trituradas em liquidificador e os extratos filtrados em gaze e centrifugados durante 10 minutos a 2.000 rpm. A proporção utilizada foi de 1 g de folha seca para 10 mL de água. Desta forma, o extrato foi obtido na diluição de 10% (p/v).

Obtenção do inóculo.

A população da espécie de *M. incognita* foi obtida a partir de plantas de tomateiro cv. Santa Clara infectadas e mantidas em casa de vegetação (29 ± 4 °C). O método empregado para obtenção dos ovos dos nematoides para os experimentos foi o proposto por Bonetti e Ferraz (1981). A suspensão foi calibrada com a contagem de ovos em câmara de Peters utilizando o microscópio estereoscópio, de forma a inocular 5.000 ovos/planta de tomate-1.

Efeito da aplicação do extrato aquoso de folhas de *C. ambrosioides* em solo infestado com *M. incognita*

Para avaliação do efeito da aplicação do extrato de *C. ambrosioides* em solo infestado com *M. incognita*, alíquotas contendo 5.000 ovos/J2-1 do nematoide foram distribuídas em três orifícios com 3 cm profundidade, em uma mistura autoclavada e úmida de solo e esterco caprino na proporção 2:1 (v:v), contida em vasos de plástico com capacidade de 2 L. Após a distribuição do inóculo os orifícios foram fechados. No dia seguinte à infestação do solo, realizou-se a aplicação de 30 mL do extrato aquoso de mastruz nas concentrações de 5 e 10%. A aplicação do extrato foi realizada na forma de rega sobre toda a superfície do solo, previamente umedecido. Para o controle positivo, foram

aplicados 30 mL de água destilada ao solo. Nas regas dos extratos e da água foi utilizado um becker e o extrato e a água foram depositados sobre a superfície do solo. A aplicação foi realizada ao final da tarde, para evitar a evaporação do extrato. No dia seguinte à aplicação do extrato, uma muda de tomate cv. Santa Clara com duas a três folhas verdadeiras foi transplantada para cada vaso com o solo infestado e tratado com o extrato. Aos sete e 14 dias após o transplântio das mudas, repetiu-se a aplicação do extrato no solo.

Quarenta e cinco dias após o transplântio, as plantas de tomateiro foram retiradas para a avaliação da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), altura da planta (AP) e massa fresca da raiz (MFR). As raízes foram imersas em água para remoção do solo aderido e, com isso, possibilitar melhor observação para contagem do número de galhas (NG), número de massas ovos (NMO) e número de ovos (NO) de cada planta em cada tratamento.

Para contagem do NO foi aplicada a metodologia de extração de ovos de nematoides proposta por Bonetti e Ferraz (1981). Em seguida, procedeu-se a contagem presentes em três alíquotas da suspensão, obtendo-se a média de ovos. A contagem foi realizada em câmara de Peters sob microscópio estereoscópio, e posteriormente, calculado o fator de reprodução (FR = população final/ população inicial). O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos (plantas inoculadas e tratadas com extrato a 5 (T2) e 10% (T3), plantas não inoculadas e tratadas com extrato a 5 e 10%, planta inoculada (controle positivo – T1) e planta não inoculada (controle negativo) (T4), ambos os controles foram tratados somente com água destilada).

Foram utilizadas 6 repetições em cada tratamento. A parcela experimental foi constituída de um vaso contendo uma planta de tomateiro. Os dados obtidos foram transformados para e em seguida foram submetidos a análise de variância e teste de comparação de médias utilizando o *software* estatístico Sisvar.

RESULTADOS

Em geral, o desenvolvimento das plantas não foi afetado pelos extratos vegetais de *C. ambrosioides*. As médias da massa fresca da parte aérea (MFPA) dos tomateiros cv. Santa Clara nos tratamentos em que foram aplicados os extratos de *C. ambrosioides* (5 e 10%), não diferiram entre si, apresentando

valores de 20,70g e 19,62 g, respectivamente. O mesmo foi verificado para a massa seca da parte aérea (MSPA) com valores que ficaram de 2,75 g e 2,74 g. Essas duas variáveis analisadas não diferiram do controle negativo (planta não inoculada e sem extrato) que foram de 21,25g e 3,02g para MFPA e MSPA, respectivamente, porém diferiram do controle positivo (planta inoculada sem extrato) o qual apresentou as menores médias para massa fresca (14,52g) e seca (1,66g) da parte aérea (Tabela 4). Para a variável massa fresca da raiz (MFR), os tratamentos com aplicação de extrato de *C. ambrosioides* a 5 e 10% e o controle negativo não diferiram entre si, entretanto estes diferiram do controle positivo, cujas plantas apresentaram a menor média de MFR (3,84g) (Tabela 1).

Tabela 1. Médias da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e altura da planta (AP), e de plantas de tomateiro cv. Santa Clara cultivadas em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e tratado com extrato aquoso de *Chenopodium ambrosioides*.

Tratamentos	MFPA (g)	MSPA (g)	MFR (g)	AP (cm)
T1	14,52 b	1,66 b	3,84 b	35,04 b
T2	20,70 a	2,75 a	5,15 a	50,02 a
T3	19,62 a	2,74 a	5,71 a	48,41 a
T4	21,25 a	3,02 a	7,02 a	56,4 a
CV (%)	7,28	5,12	15,34	5,12

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Fonte: elaborado pelo autor.

Para altura da planta (AP), em todos os tratamentos que foram aplicados os extratos de *C. ambrosioides* (5 e 10%) e o controle negativo, as plantas apresentaram médias de altura (50,02 a 48,41 cm) significativamente superior à das plantas do controle positivo (5,92 cm) (Tabela 1; Figura 1). Ressalta-se que os extratos de *C. ambrosioides* a 5 e a 10 % não provocaram fitotoxicidade nos tomateiros cv. Santa Clara, uma vez que nem o crescimento das plantas e nem a coloração das folhas foram afetados.

Figura 1. Plantas de tomateiro cv. Santa Clara 45 dias após o transplântio, avaliadas quanto à eficiência da aplicação do extrato aquoso de *Chenopodium ambrosioides* em solo infestado com *Meloidogyne incognita*. O Controle negativo – plantas não inoculadas/sem extrato, Controle positivo – plantas inoculadas/sem extrato – Extrato 5% - plantas com extrato/inoculadas e Extrato 10% - plantas com extrato/inoculadas.



Fonte: elaborado pelo autor.

A aplicação do extrato aquoso de *C. ambrosioides* a 5 e 10% reduziu o número de galhas (NG), o número de massas de ovos (NMO), o número de ovos (NO) e o fator de reprodução (FR), em relação à testemunha (controle positivo), indicando a eficiência da aplicação desse extrato vegetal no controle de *M. incognita* na forma de rega do solo (Tabela 2). As médias do NG, para ambas as diluições testadas do extrato (5 e 10%) e no controle positivo, diferiram entre si, mas diferiram significativamente do controle positivo. As médias do NG dos tratamentos com os extratos a 5 e 10% foram 48,2 e 12,5 galhas/raiz, respectivamente. O controle positivo apresentou uma média de NG de 398,0 galhas/raiz (Tabela 2 e Figura 2). Esse resultado indica que a aplicação do extrato ao solo foi eficiente no controle do patógeno.

Tabela 2. Médias do número de galhas (NG), número de massas de ovos (NMO), número de ovos (NO), fator de reprodução (FR) de plantas de tomateiro cv. Santa Clara cultivadas em solo infestado com *Meloidogyne incognita* e tratado com extrato aquoso de *Chenopodium ambrosioides*.

Tratamentos	NG		NMO		NO		FR	
	Média*	PR**	Média	PR	Média	PR	Média	PR
T1	398,0 a		104,2 b		20,371c		4,04 c	4,04 c
T2	48,2 b	87,66	1,8 a	97,77	466,6 b	97,62	0,09 b	0,09 b
T3	12,5 a	99,29	0,5 a	99,20	130,9 a	99,30	0,03 a	0,03 a
CV (%)	12,11		15,37		10,65		10,65	

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

**PR – Percentual de redução.

Fonte: elaborado pelo autor.

As galhas nas raízes de tomateiro do controle positivo, além de presentes em maior número, apresentaram tamanho variando de 3 a 7 mm, enquanto que as galhas presentes em menor número nas raízes de tomateiro tratado, variavam de 2 a 4 mm. Em relação ao NMO, constatou-se que os tratamentos com aplicação dos extratos de *C. ambrosioides* a 5 e 10% não diferiram estatisticamente entre si, apresentando médias de NMO de 1,80 e 0,50 massas de ovos/raiz, respectivamente. A média de NMO do controle positivo foi de 104,2 massas de ovos/raiz, diferindo significativamente dos tratamentos com extratos (Tabela 2). Para a variável NO, observou-se que houve diferença entre os tratamentos com aplicação dos extratos a 5 e 10% com médias de NO 466,6 e 130,9 ovos/raiz, respectivamente. A concentração de 10% reduziu o número de ovos em relação a concentração de 5%. Já o controle positivo diferiu significativamente dos tratamentos, apresentando uma média de NO de 20.371,9 ovos/raiz (Tabela 2). Observou-se um percentual acima de 85% de redução de NG na concentração de 5% e de 99,29% na concentração de 10%. Para as variáveis NMO, NO e FR verificou-se percentuais de redução acima de 97% nas duas concentrações avaliadas, mostrando que a aplicação do extrato foi eficiente nas duas concentrações aplicadas (Tabela 2).

Considerando o FR, os tratamentos com os extratos promoveram a redução desta variável, quando comparados ao controle positivo (Tabela 2). Houve diferença significativa no FR entre os extratos de *C. ambrosioides* a 5 e a 10%, sendo ambos menores que 1, o FR obtido no tratamento com extrato a 5% foi de 0,09, e no extrato a 10 % foi de 0,03. O FR da testemunha foi de 4,04, o qual diferiu significativamente dos dois tratamentos.

Figura 2. Sistemas radiculares de tomateiros cv. Santa Clara após aplicação de extrato aquoso de *Chenopodium ambrosioides* em solo infestado com *Meloidogyne incognita*. (A) controle positivo (água), (B) extrato a 5%, e (C) extrato a 10%.



Fonte: elaborado pelo autor.

DISCUSSÃO

Morillo e Silva (2015) observaram que não houve diferença estatística entre as médias de MFR de plantas de tomateiro cv. Santa Cruz Kada Gigante em que foi aplicado extrato aquoso de sementes de feijão-de-porco (*C. ensiformes*) em solo infestado com *M. enterolobii* quando comparada com plantas das testemunhas (planta inoculada sem aplicação do extrato), discordando dos resultados observados neste ensaio.

Em estudos realizados por Mateus *et al.* (2014), constatou-se uma maior altura das plantas de tomateiro cv. Santa Clara nos tratamentos em que foram aplicados extratos aquosos de gervão (*Verbena officinalis* L.), mulungu (*Erythrina mulungu* Mart. ex Benth.), pau-amargo (*Quassia amara* L.) e tansagem (*Plantago lanceolata* L.) para o controle de *M. incognita*, em relação à testemunha do ensaio.

Nos resultados obtidos por Gardiano *et al.* (2009), em experimento avaliando o efeito da adição ao solo dos extratos aquosos de 20 espécies de plantas sobre a população de *M. javanica* em plantas de tomateiro, os autores observaram que as aplicações de todos os extratos incrementaram a massa de parte aérea do tomateiro em relação à testemunha.

Mateus *et al.* (2014) ao aplicar extratos de gervão (*Verbena officinalis* L.), mulungu (*Erythrina mulungu* Mart.), pau-amargo (*Quassia amara* L.), picão (*Bidens*

pilosa L.) e tansagem (*Plantago lanceolata* L.) em solo infestado por *M. incognita*, observaram que houve uma redução do NG de galhas quando comparados à testemunha (água), com um percentual de redução variando de 30,0 a 44,4 %, sendo que o extrato de gervão foi o que apresentou o melhor resultado.

Carboni e Mazzonetto (2013), avaliaram o efeito da aplicação de 25 ml do extrato de *C. ambrosioides* na concentração de 20% no solo no mesmo dia em que foi infestado com 5.000 ovos de *M. incognita* e verificaram redução no percentual do número de galhas e no número de ovos em plantas de tomateiro cv Santa Clara. Ao avaliar a aplicação de 20 mL ao solo de extratos aquosos de 20 espécies de plantas sobre a população de *M. javanica* em plantas de tomateiro em casa de vegetação, Gardiano *et al.* (2009) observaram que os extratos de hortelã (*M. spicata*), bardana (*Arctium lappa* L.) e mamona (*Ricinus communis*) reduziram o número de galhas em 75,6, 65,7 e 54,4, e o número de ovos em 81,7, 75,9 e 56,6%, respectivamente.

Em estudos realizados por Silva *et al.* (2011), foi avaliado o efeito de extratos vegetais a 10 % obtidos da casca e de folha de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* Vell.), gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott.), jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir.) sobre o parasitismo do nematoide *M. incognita* raça 3 no algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) cv. Delta Opal. Os extratos obtidos da folha de tamboril e da casca de jatobá foram os mais eficientes na redução do NG com percentuais de 65 e 97%, respectivamente, quando comparados à testemunha (planta inoculada e sem extrato).

Os resultados obtidos neste ensaio indicam que o uso de extrato aquoso de *C. ambrosioides* aplicado no solo reduz a infecção na planta, sendo viável no controle de *M. incognita*. O uso deste extrato pode ser considerado promissor devido ao fato de apresentar baixo custo e pela facilidade do preparo. A re-aplicação do extrato no solo garantiu a presença constante dos compostos nematicidas e/ou nematostático durante os primeiros 15 dias após a inoculação, fazendo com que o extrato de *C. ambrosioides* estivesse em contato do nematoide, atuando diretamente sobre os ovos e sobre os J2. Entretanto, mais pesquisas serão necessárias a fim de investigar os compostos ativos presentes nas folhas de *C. ambrosioides* com efeito nematicida, que poderão gerar produtos eficientes no controle de nematoide das galhas.

CONCLUSÃO

O extrato foliar aquoso de *C. ambrosioides* aplicado ao solo infestado reduz a infecção por *M. incognita* em tomateiros cv. Santa Clara.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Edit. UFLA, 2004. 400 p.
- ANWAR, S.A.; MCKENRY, M.V. Incidence and reproduction of *Meloidogyne incognita* on vegetable crop genotypes. *Pakistan Journal of Zoology*, Lahore, v. 42, n. 2, p. 135-141, 2010.
- BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, DF, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.
- CARBONI, R. Z.; MAZZONETTO, F. Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies vegetais no manejo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro em ambiente protegido. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 5, n. 2, caderno II, p. 61-66, 2013.
- DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. *Plant Soil*, Dordrecht, v. 288, n. 1, p. 31-45, 2006.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. *Nematologia de plantas: fundamentos e importância*. Manaus: NORMA EDITORA, 2016.
- FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematóides. In: BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M. *Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos*, ed. 4. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, 2011, p. 211-305.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. Use of antagonistic plants and natural products. In: CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. *Nematology: advances and perspectives*. Wallingford UK: Cabi Publishing, 2004, p. 931-977.
- GARDIANO, C.G., FERRAZ, S., LOPES, E. A., FERREIRA, P. A.; AMORA, D.X.; FREITAS, L.G. Avaliação de extratos aquosos de várias espécies vegetais, aplicados ao solo, sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.30, p. 551-556, 2009.
- GRECO, N.; DI VITO, M. Population dynamics and damage levels. In: PERRY, R.; MOENS, M.; STARR, J. *Root-Knott nematodes*, Cambridge, Reino Unido: CBA International, 2009. p. 246-274.
- KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças do tomateiro (*Lycopersicon sculentum*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 607-626.
- MATEUS, M. A. F.; FARIA, C. M. D. R.; BOTELHO, R. V.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FERREIRA, S. G. M.; ZALUSKI, W. L. Extratos aquosos de plantas medicinais no controle de *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White, 1919) Chitwood, 1949. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 3, p. 730-736, 2014.

MOREIRA, F. J. C.; SANTOS, C. D. G.; INNECCO, R.; SILVA, G. S. Controle alternativo de nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) raça 2, com óleos essenciais em solo. *Summa Phytopathologica*, v. 41, n. 3, p. 207-213, 2015.

MORILLO, S. R. C.; SILVA, G. S. Efeito antagônico de feijão-de-porco sobre *Meloidogyne enterolobii* em tomateiro. *Summa Phytopathologica*, Botucatu, v. 41, n. 4, p. 305-310, 2015.

SILVA, G. A.; COIMBRA, J. L.; SANTOS, S. F.; NUNES, H. B. Efeito de extratos vegetais sobre o parasitismo do *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, 1949, no algodoeiro. *Natureza on line*, Santa Teresa, v. 9, n. 2, p. 82-86, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artimed, p. 309-334. 2004.

FUSARIOSE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO: IMPACTO E DANOS EM CULTURAS AGRÍCOLAS

Sávio Santos Gomes Lucas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Carlos Eduardo Gomes de Freitas

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Davi Nantua do Nascimento Meneses

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Vanessa Emanuele Beserra Freire

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Sebastião Higo Nunes de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Mayara Castro Assunção

Prospecta Assessoria e Serviços Agropecuários/AL

Francisco Jorge Carlos de Souza Junior

Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC)

RESUMO

Objetivo: O objetivo desse estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre a ocorrência da fusariose no semiárido brasileiro, reunindo trabalhos científicos sobre o tema, de forma a fornecer um material para consulta consistente sobre *Fusarium* spp. no semiárido brasileiro. O gênero *Fusarium* encontra-se distribuído por todo o território, seja no solo, água, ar ou alimentos, destacando-se como importante fitopatógeno causador de danos a nível mundial parasitando diversas culturas de relevância econômica. Além disto, este fungo é capaz de produzir micotoxinas, o que ratifica sua importância, pois este fator de virulência promove a ocorrência de doenças em pessoas e animais. As espécies de *Fusarium* apresentam bom desenvolvimento com temperaturas mais altas, em torno 28 °C, sendo favorecidas pelo clima do semiárido brasileiro. A região semiárida possui chuvas irregulares e altas taxas de evapotranspiração, o que proporciona uma melhor adaptação do fungo e, conseqüentemente, maior chance de sobrevivência. Dentre as culturas agrícolas do semiárido as produções de soja, milho, algodão, feijão, mandioca e cana-de-açúcar apresentam maiores destaques, mas os produtos da extração vegetal, tais como umbu, pequi, carnaúba, castanha de caju, babaçu e o licuri também possuem grande valor, além das frutíferas, hortícolas e outras.

Palavras-chave: Doenças, *Fusarium*, Fungos.

INTRODUÇÃO

Semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro é composto por 1.262 municípios distribuídos nos nove estados da região Nordeste, além do norte do estado de Minas Gerais, compreendendo uma área de 1.021 mil km², 12% do território nacional, com aproximadamente 28 milhões de habitantes (INSA, 2023). Do total populacional, 38% vivem em áreas rurais, enquanto os 62% restantes habitam em áreas urbanas, caracterizando-o como um dos semiáridos mais densamente povoados do planeta (INSA, 2023).

Grande parte da população que vive nessa área está diretamente vinculada a atividades agropastoris, sustentam-se sobre a base de recursos naturais existentes, sendo dependentes da chuva. No entanto, com precipitação anual inferior a 800 mm, temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C e umidade relativa do ar média em torno de 50%, o clima no semiárido brasileiro apresenta ciclos de secas acentuados com déficit hídrico em pelo menos 70% do ano (SILVA *et al.*, 2010; MARENGO *et al.*, 2011).

Ainda assim, o setor agrícola desempenha papel econômico significativo dentro da região semiárida, uma vez que se vislumbrou desenvolvimento por meio de vetores de transformação, tais como polos de irrigação e rotas para escoamento das produções, trazendo um novo aspecto para a agricultura dessa região, permanecendo ainda lavouras tradicionais, mas também sendo presentes áreas de modernização intensa com tecnologias avançadas (SILVA *et al.*, 2010; BUAINAIN e GARCIA, 2013).

Dentro da cadeia produtiva da agricultura no semiárido brasileiro, grandes culturas como soja, milho, algodão, feijão, mandioca e cana-de-açúcar destacam-se na economia da região, além dos produtos da extração vegetal que também fazem parte da geração de renda no semiárido. Somado a esses, há também os polos agroindustriais que se estruturaram pelo desenvolvimento da agricultura irrigada em frutíferas e hortaliças, com mercados consolidados no Brasil e no mundo (SILVA *et al.*, 2010; INSA, 2023).

Gênero *Fusarium*

O gênero *Fusarium* pertence ao reino Fungi, divisão Ascomycota, subdivisão Pezizomycotina, classe Sordariomycetes, sub-classe Hypocreomycetidae, ordem Hypocreales e família Nectriaceae (INDEX FUNGORUM, 2023), possuindo a descrição de mais de 300 espécies filogeneticamente distintas, agrupadas em mais de 20 complexos (NUCCI *et al.*, 2021).

O fungo apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo em praticamente todos os ambientes, sendo encontrado no solo, plantas, água, ar, alimentos e outros substratos (SILVA, 2023). O gênero *Fusarium* possui espécies cosmopolitas e outras com ocorrência restrita, preferencialmente em regiões tropicais e subtropicais ou em condições de clima frio das regiões temperadas (ALEXOPOULOS *et al.*, 1996), além de conseguir sobreviver por longos períodos no solo, sob condições adversas, por meio da formação de clamidósporos (MILANESI, 2009). Deste modo, é considerado um dos mais importantes fitopatógenos mundiais, ocasionando caracteristicamente murchas em diferentes culturas (BOOTH, 1971).

As diferentes espécies de *Fusarium* apresentam macromorfologias de cores variadas quando cultivadas em meios de culturas adequados, além disso, como características possuem hifas hialinas, septadas e ramificadas com bifurcações em ângulo agudo formando macroconídios típicos (LESLIE e SUMMERELL, 2006; HOF, 2020). Os conídios são os esporos assexuais, produzidos em grande número e em corpos frutíferos, que variam em forma, tamanho e número, de uma espécie para outra, podendo ser hialino ou pigmentado e uni ou multicelulares, sendo dispersos pelo ar e podendo germinar em condições favoráveis (LESLIE e SUMMERELL, 2006; HOF, 2020).

O *Fusarium* também é capaz de se reproduzir sexualmente, formando estruturas reprodutivas chamadas de peritécios, que contêm os esporos sexuais, denominados ascósporos. Os peritécios são produzidos, normalmente, em resposta a condições ambientais específicas, como a presença de um hospedeiro adequado ou condições climáticas favoráveis, facilitando assim, sua capacidade de patogenicidade e a sobrevivência do fungo. Entretanto, toda a produção de peritécios e a formação de ascósporos envolve etapas de um

processo complexo, que compreende desde a fusão de gametas até meiose e mitose (LESLIE e SUMMERELL, 2006).

Para identificar as espécies do gênero são utilizados critérios morfológicos e culturais, baseados nas características da colônia (cor, forma, textura e crescimento), e características microscópicas, a partir de observações dos macroconídios septados e em forma de meia lua (GUARRO e GENÉ, 1992; LESLIE e SUMMERELL, 2006). Deste modo, a identificação de gênero não apresenta dificuldade, porém, em nível de espécie exige-se uma abordagem integrativa, ou seja, que utilize caracteres morfológicos e métodos moleculares para que se possa identificar de maneira precisa (HOOG *et al.*, 2001; GUARRO, 2013).

Ainda compondo a identificação de *Fusarium*, dentro das espécies deste gênero se pode haver subdivisões de acordo com a especificidade de hospedeiro, ou seja, isolados que são patogênicos a determinadas culturas, sendo assim denominada *formae specialis*. Algumas espécies de *Fusarium* são agentes causais de importantes doenças de plantas, como: soja – *F. oxysporum* f.sp. *glycines*, murcha-do-fusário; *F. solani*, podridão radicular vermelha; e *F. solani* f.sp. *sojae*, podridão radicular seca; mandioca – *F. solani*, podridão radicular seca; feijão – *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, murcha-do-fusário em feijão; *F. solani* f.sp. *phaseoli*, podridão radicular seca; algodão – *F. oxysporum* f.sp. *vasinfectum*, murcha-de-fusário; banana – *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, mal-do-panamá; tomate – *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, murcha-do-fusário; maracujá – *F. oxysporum* f.sp. *passiflorae*, murcha-de-fusário; melão – *F. solani*, podridão radicular; *F. oxysporum* f.sp. *melonis*, murcha-de-fusário (MICHEREFF *et al.*, 2005).

Espécies de *Fusarium* também são citadas causando sintomas na parte aérea de plantas, como o intumescimento anormal das almofadas florais e produção excessiva de botões florais, o que culmina com a não formação de frutos; desenvolvimento anormal de superbrotamento das inflorescências a partir do eixo floral, com inchamento dos talos florais; queda prematura de flores e frutos jovens; seca total dos talos; e murcha de ramos (DALLA PRIA e CAMARGO, 1997; BASTOS e SANTOS, 2001; ALVIDREZ-VILLAREAL *et al.*, 2012). Ademais, este gênero também é citado podendo causar podridão de sementes, quando há umidade durante a maturação dos grãos, colheita ou armazenamento, assim como também é capaz de aumentar a podridão após o plantio (MICHEREFF *et al.*, 2005).

CULTURAS AGRÍCOLAS

Grandes Culturas

No Brasil, as grandes culturas apresentam importância socioeconômica, uma vez que geram muitos empregos diretos e são fonte de renda e desenvolvimento para o país. Dentre as quais, inclui cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.), milho (*Zea mays* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), feijão (*Phaseolus lunatus* L.), feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e algodão (*Gossypium* spp.), todas com áreas de produção significativas na região Nordeste, presentes no semiárido, possuindo capacidade de agregar valor à produção, contribuindo para o desenvolvimento regional.

Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar se tornou uma das principais culturas no cenário da economia brasileira, porém, perdas relevantes são causadas por fungos fitopatogênicos, dentre os quais, do gênero *Fusarium* que são responsáveis por causar *Pokkah boeng*, doença que deforma a parte aérea, além de causar podridão do colmo e murcha (BOURNE, 1922; ABBOTT, 1932; EGAN *et al.*, 1997; NIRENBERG e O'DONNELL, 1998; VISWANATHAN e POONGOTHAI, 2011). Algumas espécies do gênero são associadas como agente causal da doença, mas grande parte da literatura cita como etiologia a espécie *F. sacchari* (COSTA, 2016).

A presença de *Fusarium* na cultura da cana-de-açúcar é relatada em três estados da região do semiárido brasileiro, com registro de *F. sacchari* nos municípios de União, Miguel Alves, Teresina, Palmeiras, Guadalupe do Piauí todos do estado do Piauí, além de Caaporã do estado da Paraíba e Lagoa de Itaengá do estado de Pernambuco (COSTA *et al.*, 2019). Outra espécie deste gênero também foi descrita em área de cultivo de cana-de-açúcar no semiárido, *F. proliferatum* em União e Palmeiras do Piauí, ambos do estado do Piauí (COSTA *et al.*, 2019).

Milho

No milho, espécies do gênero *Fusarium* são responsáveis por causar duas principais doenças: a podridão do colmo e a podridão de espigas. No estado de Pernambuco nos municípios de Araripina, Belém do São Francisco e Petrolina, todos do semiárido brasileiro, foi identificado *F. verticillioides* obtidos dos grãos de milho (CHANG, 2014). Esta espécie teve o registro de 95 isolados em estudo realizado por Melo *et al.* (2011) ao analisar amostras de grãos de milho, com sintomas de podridão da espiga, da região nordeste do Brasil.

Mandioca

No Brasil, a podridão mole na mandioca, tem como agente causal diversas espécies de *Fusarium*, tais como *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. graminearum*, *F. verticillioides* e *F. proliferatum* (VILAS BOAS *et al.*, 2016). É uma doença de alto impacto econômico e social, uma vez proporciona a diminuição progressiva na produtividade da cultura - podendo atingir perdas de até 100% (MOSES *et al.*, 2007) e pode ainda inviabilizar as áreas de cultivo ao longo dos ciclos da mandioca (NOTARO *et al.*, 2013). Um ponto favorável ao patógeno e desfavorável ao produtor é que por *Fusarium* ser patógeno habitante do solo, este acomete principalmente as raízes tuberosas, e sendo assim, o apodrecimento pode ser camuflado até o momento da colheita (HOHENFELD, 2016).

A doença foi relatada no semiárido brasileiro no estado da Paraíba, nos municípios Imaculada e Princesa Isabel, com etiologia de *F. oxysporum* (MORAIS *et al.*, 2013); em Pernambuco, nos municípios de Jupi, Jucati e São João, sendo identificada a espécie prevalente *F. solani* (NOTARO *et al.*, 2013); e no estado de Alagoas, no município de Arapiraca na cv. Rosinha associada a espécie *F. falciforme* (SILVA *et al.*, 2022).

Feijão

Apesar da rusticidade e elevada resistência natural a doenças, o feijão-caupi apresenta suscetibilidade a alguns fitopatógenos, dentre os quais *Fusarium* spp., que são capazes de reduzir a produtividade, causando perdas de

até 75% (ELOY e MICHEREFF, 2003) e, em alguns casos, invalidar a produção (VIEIRA JÚNIOR *et al.*, 2010). A murcha-de-*Fusarium* está entre as doenças mais importantes da cultura, apresentando como etiologia *F. oxysporum* f.sp. *tracheiphilum*, que tem preferência por climas secos e quentes, o que facilita sua sobrevivência e maior incidência na região Nordeste (MICHEREFF *et al.*, 2005).

Para a cultura do feijão, as espécies *F. udum* e *F. oxysporum* foram identificadas em amostras de sementes de feijão-fava provenientes dos estados do Ceará, Maranhão, Paraíba e Piauí em áreas do semiárido brasileiro (MOTA *et al.*, 2017). Enquanto em feijão-caupi observou-se sintomas de murcha de *Fusarium lacertarum* em uma área de cultivo no município de Serra Talhada, no estado de Pernambuco (AMARAL *et al.*, 2022).

Algodão

A murcha-de-fusário do algodoeiro tem como agente causal o fungo *F. oxysporum* Schlechtend. f. sp. *vasinfectum* (G.F. Atk.) W.C. Snyder & H.N. Hansen, sendo relatada pela primeira vez no Brasil na década de 30 em área de cultivo de algodão no município de Alagoinha, no estado da Paraíba (SUASSUNA *et al.*, 2006). Atualmente, é uma doença em evidência por ser ameaça crescente na produção da cultura devido seu grau de destruição (CIA e SALGADO, 2005; ZHANG *et al.*, 2015; SANOGO e ZHANG, 2016). Na região do semiárido do Brasil há o registro de *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* nos municípios de Campina Grande (PB) e São Desidério (BA) (DANTAS, 2012).

Fruticultura

Os pomares, assim como outras culturas, também são acometidos por problemas fitossanitários que são capazes de causar prejuízos significativos, seja por danos diretos reduzindo a qualidade do fruto na pré ou na pós-colheita, o que intervém na rentabilidade e na sustentabilidade da produção frutícola; como também por danos indiretos devido à ação debilitante que exercem sobre a planta hospedeira. Dentre os fitopatógenos citados de importância para a fruticultura, o gênero *Fusarium* apresenta destaque (MATOS *et al.*, 2012).

A presença de *Fusarium* nas áreas de produção além de causar perdas na produtividade pode ainda inviabilizar completamente a atividade produtiva, uma vez que espécies patogênicas habitantes do solo, por possuírem estratégias de sobrevivência, são difíceis de serem manejadas e, sendo assim, findam por causar podridões radiculares, podridões na base do tronco e murchas vasculares. Assim como as fusarioses que ocorrem na parte aérea também possuem relevância, pois prejudicam o produto comercial ocasionando podridões nos frutos e, conseqüentemente, afetam financeiramente o produtor (MATOS *et al.*, 2012). Ao considerar o gênero *Fusarium* e seus impactos para a fruticultura, uma abordagem desses patossistemas no semiárido brasileiro é elencado, ressaltando a importância deste fungo como agente causal de doenças em plantas.

Mangueira

A malformação da mangueira (*Mangifera indica* L.), seja a floral ou vegetativa, é uma séria doença em pomares de produção, destacando-se como um dos principais problemas fitossanitários da cultura e sendo de ocorrência comum em áreas tropicais e subtropicais. Sua etiologia está atribuída a diferentes espécies de *Fusarium* que podem causar má formação das panículas e, conseqüentemente, não há produção de frutos ou há o abortamento precocemente (HIFNY *et al.*, 1978).

Para o semiárido brasileiro há o relato de *F. tuiense* causando malformação em mangas sendo esta espécie considerada o principal agente causal desta doença no Brasil, com um isolado do município de Juazeiro no estado da Bahia (LIMA *et al.*, 2012), além também da descrição de *F. subglutinans* nos municípios de Livramento e Juazeiro, na Bahia; Cruz, no Ceará; Petrolina, em Pernambuco; e Nova Porteirinha, no estado de Minas Gerais (LIMA *et al.*, 2009).

Cajueiro

Para o caju (*Anacardium occidentale* L.), a deterioração fúngica de amêndoas de caju é um acometimento importante na produção desta cultura, pois de acordo com exportadores brasileiros, a deterioração dos grãos pode causar perdas de até 20 milhões de dólares/ano. Dentre os fungos citados como

patogênicos no Brasil, *F. solani* está incluso, havendo registro desta espécie em caju no fusariose na região do semiárido brasileiro e sendo associada à deterioração das amêndoas (FREIRE *et al.*, 2002).

Maracujazeiro

A murcha de *Fusarium* no maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.) é uma doença presente em regiões produtoras e é de importância econômica, uma vez que resulta na morte irremediável das plantas infectadas, além disto, o agente causal possui a capacidade de infectar diversas espécies do gênero *Passiflora* (FISCHER e REZENDE, 2008). A doença foi descrita para o semiárido brasileiro sendo causada por *Fusarium oxysporum f.sp. passiflorae* em Parnaíba, no Piauí (VIANA *et al.*, 2003) e em Livramento de Nossa Senhora e Dom Basílio, no estado da Bahia (GUIMARÃES, 2015). Em plantas de maracujazeiro com sintomas de podridão-do-colo coletadas nos municípios de Guaraciaba do Norte, São Benedito, Tianguá e Ubajara, no estado do Ceará foi identificado a espécie *F. solani* (PEREIRA, 2018).

Abacaxizeiro

A fusariose do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill.), também conhecido como resinose - por exsudar seiva, é a doença mais importante para a cultura, podendo causar perdas de até 80% nos frutos, sendo relevante tanto na pré-colheita como também na pós-colheita, pois os prejuízos estendem-se do campo até a comercialização, uma vez que o dano ocorre no fruto (STĘPIEŃ *et al.*, 2013; GONÇALVES, 2017).

Na região do semiárido brasileiro, levantamento realizado por Souza (2016) em frutos de abacaxizeiro cv. Pérola com sintomas da fusariose coletados em Mari, Paraíba; Pombos, Pernambuco; e Touros, Rio Grande do Norte, registrou a presença de *F. guttiforme*. Assim como Tsuji (2012) que também identificou *F. guttiforme* em frutos de abacaxi com sintomas de fusariose em Pombos, no estado de Pernambuco.

Outra espécie descrita em frutos de abacaxi no semiárido do Brasil foi *F. sororula* identificada também no município de Pombos, em Pernambuco

(SANTOS *et al.*, 2023). Além desta, o relato de *F. subglutinans* ocorreu no estado do Ceará isolado de plantas de abacaxizeiro cultivadas no município de Marco (FISCHER *et al.*, 2006).

Bananeira

A produção de banana (*Musa* spp.) no semiárido do Brasil enfrenta desafios significativos, apesar da crescente demanda global por esta fruta, com produtividade notavelmente limitada por, também, ocorrência do mal-do-Panamá, causado por *F. oxysporum* f.sp. *cubense* que exige para seu controle efetivo o uso de variedades resistentes (PLOETZ, 2006; WEBER *et al.*, 2007). Uma característica dessa espécie, além de residir no solo e ter a capacidade de sobreviver por muitos anos na forma de clamidósporos, é que por *F. oxysporum* f.sp. *cubense* possui raças que são responsáveis por ocasionar a doença na bananeira. Para as raças 1, 2 e 4 as práticas de manejo são conhecidas e aplicadas, porém, a Raça 4 Tropical (RT4) ainda não há medidas eficazes de combate e erradicação (PLOETZ *et al.*, 1994; ALEXOPOULOS *et al.*, 1996).

No semiárido brasileiro o cultivo de banana é evidenciado em Pernambuco, no município de Ibimirim, cujos plantios são de variedades altamente suscetíveis ao *F. oxysporum* f.sp. *cubense* R4T - "Nanica", "Nanicão" e "Grande Naine" (ADAGRO, 2021). No estado do Ceará, a bananicultura é destaque, colocando-o como sétimo maior produtor de banana do Brasil, sendo a região de Jaguaribe uma das principais produtoras. Além desses, os estados da Bahia, Rio Grande do Norte, Paraíba e o norte de Minas Gerais também têm a produção de banana como importante atividade econômica (CEARÁ, 2021). A espécie *F. oxysporum* f.sp. *cubense* foi registrada associada a bananicultura no município cearense de Missão Velha, em 30 propriedades (ROCHA, 2023), no semiárido dos estados da Bahia, Rio Grande do Norte e Minas Gerais (COSTA, 2013) e nos municípios de Areia e Lagoa Seca, na Paraíba (SILVA, 2019).

Meloeiro

Para o melão (*Cucumis melo* L.) a podridão de *Fusarium* que acomete os frutos é considerada uma doença pós-colheita, apresentando importância

para a cultura e para plantios na região do semiárido brasileiro (HUANG *et al.*, 2000; HUA-LI *et al.*, 2018). O semiárido do Brasil apresenta expressividade na produção desta cultura com clima, solo e disponibilidade de água para irrigação – contribuindo para a balança comercial de frutas frescas brasileiras – assim como a localização privilegiada para exportação, que facilita o escoamento da produção para a América do Norte e Europa (ANDRIGUETO e KOSOSKI, 2003; GOBETH, 2004).

Nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, em municípios do semiárido brasileiro, foram identificadas duas espécies filogenéticas do complexo de espécies *F. incarnatum-equiseti*: *F. sulawense* e *F. lacertarum* (LIMA *et al.*, 2021), além do registro das espécies *F. falciforme*, *F. sulawesiense*, *F. pernambucanum* e *F. kalimantanense* (ARAÚJO *et al.*, 2021). Ainda assim, *F. falciforme* foi relatado ocorrendo também em áreas de cultivo de melão nos municípios de Icapuí, Ceará; Baraúna, Rio Grande do Norte; e Inajá, Pernambuco (CARDOSO, 2019).

Outra espécie assinalada em áreas de cultivo de melão no semiárido brasileiro foi *F. keratoplasticum*, nos municípios de Afonso Bezerra e Mossoró, ambos no estado do Rio Grande do Norte (CARDOSO, 2019). No município de Rio Largo, no estado de Alagoas foi registrada a ocorrência de *Fusarium* sp. afetando plantas de meloeiro e causando a podridão de *Fusarium* (SANTOS, 2010).

Melancia

A fusariose na melancia (*Citrullus lanatus* L.) é uma doença relevante, pois afeta a planta em qualquer fase de desenvolvimento, o que pode ser totalmente prejudicial. Além disto, por se ter o hábito do cultivo contínuo nas áreas de produção dessa cultura, o patógeno se mantém vivo, diante de uma condição favorável da presença do hospedeiro, aumentando a densidade populacional interferindo na qualidade e produtividade (SOUZA *et al.*, 2005; SANTOS, 2020).

Para a cultura da melancia (*Citrullus lanatus* L.) no semiárido brasileiro, há relato de fusariose com registro da espécie *F. falciforme* nos municípios Afonso Bezerra e Mossoró, estado do Rio Grande do Norte; Petrolina em Pernambuco; e Jaíba, no estado de Minas Gerais (CARDOSO, 2019).

Pitaia

Na pitaia (*Hylocereus setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) Ralf Bauer) a ocorrência de *Fusarium* é associada a uma podridão de cladódio, ou ainda assim, também denominada podridão do caule. Para o semiárido brasileiro foi identificado *Fusarium* sp. em amostras coletadas no município de Areias, no estado da Paraíba (GOMES e NASCIMENTO, 2023).

Hortícolas

A horticultura apresenta importante contribuição para economia brasileira, o que reforça a busca cada vez maior pelo consumo dos produtos desta área, demandando uma maior qualidade na oferta, o que inclui boa aparência, sabor, aspectos nutricionais, dentre outros (SOUZA *et al.*, 2008). No entanto, para que os produtos cheguem à etapa final da cadeia produtiva da melhor forma, é necessário que haja bom manejo desde o campo até a pós-colheita.

Assim como todo processo agricultável, as hortaliças são frequentemente citadas como hospedeiras de inúmeros fitopatógenos, dentre estes os patógenos de solo, que possui capacidade de causar doenças severas nos campos de produção, como por exemplo: Os patógenos do gênero *Fusarium*, que ocasionam perdas significativas na produtividade e podem inviabilizar áreas, pois quando presente o produtor deve visar à redução da população do patógeno, uma vez que este adota estratégias de sobrevivência eficazes para se manter em condições desfavoráveis (PEREIRA e PINHEIRO, 2014).

Tomate

Na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) entre as doenças economicamente importantes encontra-se a murcha vascular, que tem como agente causal *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*, responsável por prejuízos de até 60% (AMARAL *et al.*, 2008). O primeiro relato no país foi em 1938, no município de Pesqueira, localizado no sertão de Pernambuco, posteriormente, foi assinalada a ocorrência em áreas de cultivo de outras localidades no sertão de Pernambuco (DESLANDES, 1940; ANDRADE e MICHEREFF, 2000). A doença é amplamente

distribuída nas lavouras de produção da cultura e o fungo possui raças que são distinguidas pela virulência (AMARAL *et al.*, 2008).

A presença de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* no semiárido brasileiro foi registrada nos municípios de Tianguá e Carnaubal, no Ceará; Belém do São Francisco e Camocim de São Félix, no estado de Pernambuco; e Poções, na Bahia (GONÇALVES *et al.*, 2021). Esta espécie também foi relatada em Jaguaquara, no estado da Bahia, com identificação da raça 3 (CABRAL *et al.*, 2020). Outra espécie encontrada no semiárido do Brasil foi *F. oxysporum* (Schlechtendahl:-Fries) f. sp. *radicis-lycopersici* no município de Várzea Alegre, Ceará; e Camocim de São Félix, em Pernambuco.

Coentro

A ocorrência de *Fusarium* em plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.) apresenta importância em áreas de cultivo em todo país, destacando-se como uma das doenças que causa morte das plantas, além de podridão de colo e raízes, sendo prevalente em cerca de 84 e 79% das hortas (FERREIRA, 2013; SANTOS *et al.*, 2014). No semiárido brasileiro, espécies de *Fusarium* foram isoladas na microrregião do Brejo Paraibano, no estado da Paraíba (SILVA, 2019).

Abóbora

Na cultura da abóbora (*Cucurbita moschata* L.) as espécies do gênero *Fusarium* são consideradas importantes fitopatógenos em áreas de produção no Brasil, causando perdas significativas em lavouras comerciais, ocasionando prejuízos financeiros aos produtores (CARDOSO, 2019). Na região do semiárido brasileira há relato das espécies *Fusarium falciforme*, nos municípios de Afonso Bezerra, Rio Grande do Norte; Nova Porteirinha e Jaíba, Minas Gerais (CARDOSO, 2019). Além dessa espécie, também foi assinalada *F. pseudensiforme* Tianguá, no estado do Ceará e *F. petroliphilum* em Timon, no Maranhão; Tianguá, no Ceará; e Porteirinha, em Minas Gerais (CARDOSO, 2019).

PLANTAS INVASORAS, ORNAMENTAIS E OUTRAS HOSPEDEIRAS

No semiárido brasileiro algumas espécies de *Fusarium* foram assinaladas em diversos hospedeiros não agrícolas. No estado do Ceará foi identificado um isolado de *F. solani* species complex associado a *Crotalaria paulinea* Schrank, que é utilizada como cobertura do solo e adubo verde (MELO *et al.*, 2016); *F. solani* causando lesões radiculares e do caule em mandacaru (*Cereus jamacaru* De Candolle) (FREIRE, 2009); *F. oxysporum* e o complexo de espécies *F. fujikuroi* em abacaxi ornamental (*Ananas comosus* var. *bracteatus*) no município de Pacajus (SILVA *et al.*, 2023); e *Fusarium* sp. em sementes de mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam.) coletadas no município de Sobral (MOREIRA *et al.*, 2019). Para o estado de Pernambuco, houve o relato da ocorrência de *F. lacertarum* em *Nopalea cochenillifera* no município de Ibimirim (SANTIAGO *et al.*, 2018).

CONCLUSÃO

Apesar da importância das doenças ocasionadas por *Fusarium* spp. em diversas culturas agrícolas na região do semiárido brasileiro, pesquisas relacionadas a essa temática visando o manejo do patógeno são escassas tanto em diferentes níveis, desde local, regional, nacional e mundial.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, E. V. Seed rots of sugarcane in Louisiana. *Proceedings of International Society for Sugar Cane Technologists. Congress Bulletin* v. 48, p. 1-2, 1932.
- ADAGRO. Agência de Defesa e Fiscalização Agropecuária do Estado de Pernambuco. **Adagro alerta produtores sobre doença que ataca a banana.** 2023. Disponível em: <<https://www.adagro.pe.gov.br/blog/11-link-externo/blog/1513-adagro-alerta-produtores-sobre-doenca-que-ataca-a-banana>>. Acesso em: 04 nov. 2023.
- ALEXOPOULOS, C. J. *et al.* *Introductory mycology*. New York, J. Wiley e Sons Inc., 4ª edição, 1996. 880 p.
- ALVIDREZ-VILLAREAL, R. *et al.* Isolation and pathogenicity of fungi associated to ambrosia borer (*Euplatypus segnis*) found injuring pecan (*Carya illinoensis*) wood. *Agricultural Sciences*, v. 3, n. 3, p. 405-416, 2012.

AMARAL, A. C. T. *et al.* First report of *Fusarium lacertarum* as the causal agent of wilt in *Vigna unguiculata*. *Journal of Plant Pathology*, v. 104, n. 3, p. 1173-1173, 2022.

AMARAL, D. O. J. *et al.* Differential gene expression induced by salicylic acid and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* infection in tomato. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 8, p. 1017-1023, 2008.

ANDRADE, D. E. G. T.; MICHEREFF, S. J. Incidência da murcha-de-fusário do tomateiro no Agreste de Pernambuco e determinação do tamanho da amostra para quantificação da doença. *Fitopatologia Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 31-46, 2000.

ANDRIGUETO, J. R.; KOSOSKI, A. K. Alavanca para exportação. *Revista Cultivar – Hortaliças e Frutas*, v. 4, p. 19-21, 2003.

ARAÚJO, M. B. M. *et al.* *Fusarium* rot of melon is caused by several *Fusarium* species. *Plant Pathology*, v. 70, n. 3, p. 712-721, 2021.

BASTOS, C. N.; SANTOS, A. O. Superbrotamento de inflorescências do limão-decaiena causado por *Fusarium decemcellulare*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 26, p. 232, 2001.

BOOTH, C. *The Genus Fusarium*. Surrey, Commonwealth Mycological Institute, 1971. 237 p.

BOURNE, B. A. *Researches on the root diseases of sugarcane*. Department of Agriculture, p. 17, 1922.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia*, n. 19, 2013.

CABRAL, C. S. *et al.* First detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* across major tomato-producing regions in Brazil. *Phytoparasitica*, v. 48, n. 4, p. 545-553, 2020.

CARDOSO, A. M. S. *Espécies de Fusarium associadas a cucurbitáceas no Brasil*. 2019. 113 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

CHANG, S. C. Identificação de isolados de *Fusarium verticillioides* micotoxigênicos em grãos de milho no Estado de Pernambuco. 2014. 144 f. Tese (Doutorado em Biologia de Fungos) - Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

CEARÁ. Ematerce. *Mal-do-Panamá: é possível conviver com a doença que afeta as plantações de banana*. 2021. Disponível em: <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2021/09/15/mal-do-panama-e-possivel-conviver-com-a-doenca-que-afeta-as-plantacoes-de-banana>>. Acesso em: 04 nov. 2023.

CIA, E.; SALGADO, C. L. Doenças do algodoeiro (*Gossypium* spp.). In: AMORIM, L. *et al.* *Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas*. São Paulo, Agronômica Ceres, p. 33-63, 2005.

COSTA, M. M. *Espécies de Fusarium associadas a Pokkah boeng da cana-de-açúcar no Brasil*. 2016. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

COSTA, M. M. *et al.* Identification and pathogenicity of *Fusarium* species associated with *Pokkah boeng* of sugarcane in Brazil. *Plant pathology*, v. 68, n. 7, p. 1350-1360, 2019.

COSTA, S. N. *Caracterização molecular de isolados de Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* do Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Microbiologia Agrícola) - Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2013.

DALLA PRIA, M.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do Cacaueiro (*Theobroma cacao*) In: KIMATI, H. *et al.* Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 3. edição. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, p.176-183, 1997.

DANTAS, F. V. Reação de genótipos de algodoeiro em substrato artificialmente infestado com *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. 2012. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

DESLANDES, J. A. Doenças do tomateiro no Nordeste. Boletim da Sociedade Brasileira de Agronomia, v. 3, n. 4, p. 442-453, 1940.

EGAN, B. T. *et al.* Sugarcane. In: HILLOCKS, R. J.; WALKER, J. M. Soil borne diseases of tropical crops. Oxon, CAB International, p. 277-302, 1997.

ELOY, A. P; MICHEREFF, S. J. Redução no rendimento do caupi em duas épocas de plantio devido à murcha-de-fusário. Summa Phytopathologica, v. 29, p. 330-333, 2003.

FERREIRA, M. D. F. Epidemiologia de doenças radiculares na cultura do coentro no município de Arapiraca-AL. 2013. 35 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2013.

FISCHER, I. H.; REZENDE, J. A. Diseases of passion flower (*Passiflora* spp.). Pest technology, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2008.

FREIRE, F. C. O. Patógenos associados ao mandacaru (*Cereus jamacaru* Dc.) no Estado do Ceará. Ceará, Embrapa, Comunicado Técnico 148, 2009. 148 p.

FREIRE, F. C. O. *et al.* Diseases of cashew nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. Crop Protection, v. 21, n. 6, p. 489-494, 2002.

FISCHER, I. H.; ALMEIDA, A. M.; GARCIA, M. J. D. M. Efeito de fungicidas no crescimento micelial de *Fusarium subglutinans* in vitro. O Biológico, São Paulo, v. 68, supl. 2. Edição dos resumos da 19ª Reunião Anual do Instituto Biológico. Resumo 265/099, 2006.

GOBETH, L. M. A expressão da fruticultura no Nordeste do Brasil. Embrapa, 2004. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2003/abril/bn.2004-11-25.0605617831/>>. Acesso: 02 nov. 2023.

GOMES, R. S. S.; NASCIMENTO, L. C. Ocorrência de fungos patogênicos em *Hylocereus setaceus* (Salm-dyck ex dc.) Ralf baue. Scientific Electronic Archives, v. 16, n. 2, 2023.

GONÇALVES, A. M. *et al.* A three-decade survey of Brazilian *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* races assessed by pathogenicity tests on differential tomato accessions and by molecular markers. Journal of Applied Microbiology, v. 131, n. 2, p. 873-884, 2021.

GONÇALVES, M. V. Manejo de *Fusarium subglutinans* em abacaxizeiro utilizando extrato de alho, gengibre e nim. 2017. 27 f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Instituto Federal Goiano, Urutaf, 2017.

GUARRO J. Fusariosis, a complex infection caused by a high diversity of fungal species refractory to treatment. European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases, v. 32, n. 12, p. 1491-500, 2013.

GUARRO, J.; GENÉ, J. *Fusarium* infections. Criteria for the identification of the responsible species. Mycoses. v. 35, n. 5-6, p. 109-114, 1992.

- GUIMARÃES, A. L. S. **Prevalência, incidência e padrão espacial da fusariose do maracujazeiro no estado da Bahia**. 2015. 115 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.
- HIFNY, H. A. A. *et al.* Morphological and physical aspects of the floral malformation in mangoes [in Egypt]. *Egyptian Journal of Horticulture*, 1978.
- HOF, H. The medical relevance of *Fusarium* spp. *Journal of Fungi*, v. 6, n. 3, p. 117, 2020.
- HOHENFELD, C. S. **Podridão radicular da mandioca: metodologias de inoculação e seleção de fontes de resistência**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.
- HOOG, G. S. *et al.* **Atlas of clinical fungi**. 2.ed. Washington, ASM Press, 2001. 1126 p.
- HUA-LI, X. *et al.* Detection of NEO in muskmelon fruits inoculated with *Fusarium sulphureum* and its control by postharvest ozone treatment. *Food chemistry*, n. 254, p. 193-200, 2018.
- HUANG, Y. *et al.* Foliar application of acibenzolar-S-methyl and protection of postharvest rock melons and Hami melons from disease. *European Journal of Plant Pathology*, v. 106, p. 651-656, 2000.
- INDEX FUNGORUM. CABI Biosciences. Disponível em: <<https://www.indexfungorum.org/Names/NamesRecord.asp?RecordID=8284>>, 2023. Acesso em: 04 nov. 2023.
- INSA. O Semiárido Brasileiro. Disponível em: <<https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>>, 2023. Acesso em: 04 nov. 2023.
- LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. **The *Fusarium* laboratory manual**. Iowa, Blackwell Professional Ames, 2006. 388 p.
- LIMA, C. S. *et al.* VCG and AFLP analyses identify the same groups in the causal agents of mango malformation in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*, v. 123, p. 17-26, 2009.
- LIMA, C. S. *et al.* *Fusarium tupaense* sp. nov., a member of the *Gibberella fujikuroi* complex that causes mango malformation in Brazil. *Mycologia*, v. 104, p. 1408-1419, 2012.
- LIMA, E. N. *et al.* A novel lineage in the *Fusarium incarnatum-equiseti* species complex is one of the causal agents of fusarium rot on melon fruits in Northeast Brazil. *Plant Pathology*, v. 70, n. 1, p. 133-143, 2021.
- MARENCO, J. A. *et al.* Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v. 1, p. 385-422, 2011.
- MATOS, A. P.; CORDEIRO, Z. J. M.; HADDAD, F. **FUSARIOSE EM FRUTÍFERAS**. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2012, Bento Gonçalves. ANAIS DO XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012.
- MELO, M. P. *et al.* First report of a new lineage in the *Fusarium solani* species complex causing root rot on sunn hemp in Brazil. *Plant Disease*, v. 100, p. PDIS-08-15-0947, 2016.
- MELO, M, P. **Deteção de espécies de Fusarium potencialmente produtoras de Micotoxinas em grãos de milho no Nordeste do Brasil**. 2011. 64 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.
- MICHEREFF, S. J. *et al.* Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J. *et al.* **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife, Imprensa Universitária UFRPE, p. 1-18, 2005.

- MILANESI, P. M. Caracterização, toxicidade e patogenicidade de *Fusarium* spp. em genótipos de soja em sistema plantio direto. 2009. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.
- MORAIS, M. D. S. *et al.* Levantamento e avaliação da incidência das doenças da mandioca no estado da Paraíba. *Summa Phytopathologica*, v. 39, p. 204-206, 2013.
- MOREIRA, F. J. C. *et al.* Fungos associados a sementes de mutamba no estado do Ceará. *Revista Agrária Acadêmica*, v. 2, n. 5, p. 79-86, 2019.
- MOSES, E.; AKROFI, S.; MENSAH, G. A. Characteristics and control of a new basidiomycetous root rot of cassava (*Manihot esculenta*) in Ghana. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 13, p.307-311, 2007.
- MOTA, J. M. *et al.* Fungal diversity in lima bean seeds. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 11, n. 1, p. 79-87, 2017.
- NIRENBERG, H. I.; O'DONNELL, K. New *Fusarium* species and combinations within the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia*, v. 90, p. 434-458, 1998.
- NOTARO, K. A. *et al.* Prospecção de fitopatógenos associados à podridão radicular da mandioca em Pernambuco, Brasil. *Bioscience Journal*, v. 29, n. 5, p. 1832-1839, 2013.
- NUCCI, M. *et al.* Invasive fusariosis in patients with hematologic diseases. *Journal of Fungi*, v. 7, n. 10, p. 815, 2021.
- PEREIRA, L. J. Caracterização morfológica e patogênica de isolados de *Fusarium solani* associados à podridão-do-colo do maracujazeiro no estado do Ceará. 2018. 44 f. Monografia (Graduação Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- PEREIRA, R. B.; PINHEIRO, J. B. Murcha-de-fusário em tomateiro. Comunicado Técnico, ISSN 1414.9850, 2014.
- PLOETZ, R. C. *Fusarium* wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Phytopathology*, v. 96, p. 653-656, 2006.
- PLOETZ, R. C. *et al.* Compendium of tropical fruit diseases. Saint Paul, APS Press/American Phytopathology Society, 1994. 88 p.
- ROCHA, W. Z. B. Murcha de *Fusarium* da bananeira em Missão Velha (Ceará, Brasil): percepção dos agricultores e intensidade da doença. 2023. 76 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2023.
- SANOGO, S.; ZHANG, J. Resistance sources, resistance screening techniques and disease management for *Fusarium* wilt in cotton. *Euphytica*, v. 207, n. 2, p. 255-271, 2016.
- SANTIAGO, M. F. *et al.* First report of *Fusarium lacertarum* causing cladode rot in *Nopalea cochenillifera* in Brazil. *Journal Plant Pathology*, v. 100, p. 611, 2018.
- SANTOS, A. P. T. D. A reestruturação do território da região fumageira de Alagoas. 2014. 230 f. Dissertação (Mestrado em Dinâmica e Reestruturação do Território) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- SANTOS, J. S. *et al.* Resistance of *Cucurbita* spp. to *Fusarium solani* for use as rootstock. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 384-394, 2020.

SANTOS, P. R. M. Ocorrência da podridão do colo causada por *Fusarium* sp. em melão (*Cucumis melo* L.) no Estado de Alagoas. 2010. 10 f. Monografia. (Graduação Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2010.

SANTOS, T. S. *et al.* First report worldwide of *Fusarium sororula* associated with pineapple that causes fruit rot. *Plant Disease*, v. 107, n. 7, p. 2231, 2023.

SILVA, C. F. B. *et al.* Identification of pathogenic fungal isolates of the *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium fujikuroi* species complex, causing fusariosis in ornamental pineapple, and antifungal activity of elicitors. *European Journal of Plant Pathology*, v. 165, n. 1, p. 125-137, 2023.

SILVA, I. O. *et al.* The first report about *Fusarium falciforme* that causes root rot in cassava cv Rosinha, in Alagoas state, Brazil. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 12, e221111234369-e221111234369, 2022.

SILVA, K. E. Caracterização de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* e controle alternativo do Mal do Panamá. 2019. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areias, 2019.

SILVA, P. C. G. *et al.* Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina, Embrapa Semiárido, p. 18-48, 2010.

SILVA, P. H. Principais *insights* do gênero *Fusarium* no controle biológico no nordeste brasileiro: revisão de literatura. 2023. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas Bacharelado)- Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SILVA, S. M. Óleos essenciais no controle de *Fusarium* sp. na cultura do coentro. 2019. 33 f. Monografia. (Graduação Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2019.

SOUZA, F. F. *et al.* Doenças da cultura da melancia em Rondônia. Porto Velho, Embrapa Rondônia, Comunicado Técnico 298, 2005. 10 p.

SOUZA, R. S. D. *et al.* Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 511-517, 2008.

SOUZA, W. C. O. Diversidade genética de *Fusarium* spp. e manejo alternativo da Fusariose do abacaxizeiro. 2016. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areias, 2016.

SUASSUNA, N. D.; CHITARRA, L. G.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Manejo de doenças do algodoeiro. Campina Grande, Embrapa Algodão, Circular Técnica 97, 2006. 24 p.

STĘPIEŃ, L. *et al.* Diversity of *Fusarium* species and mycotoxins contaminating pineapple. *Journal Applied Genetics*, v. 5, p. 367-380, 2013.

TSUJI, S. S. Análise filogenética e patogênica do agente causal da fusariose do abacaxizeiro no Brasil. 2012. 51 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2012.

VIANA, F. M. P. *et al.* Principais doenças do maracujazeiro na Região Nordeste e seu controle. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, Comunicado Técnico 86, 2003. 12 p.

VIEIRA JUNIOR, J. R. *et al.* Ocorrência da fusariose (*Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum*) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. em Rondônia. Porto Velho, Embrapa Rondônia, Comunicado Técnico 355, 2010. 4 p.

VILAS BOAS, A. S. *et al.* Sources of resistance to cassava root rot caused by *Fusarium* spp.: a genotypic approach. *Euphytica*, v. 209, p. 237–251, 2016.

VISWANATHAN, R.; POONGOTHAI, M. M. P. Pathogenic and Molecular Confirmation of *Fusarium sacchari* Causing Wilt in Sugarcane. *Sugar Tech*, v. 13, p. 68-76, 2011.

WEBER, O. B. *et al.* Interaction of endophytic diazotrophic bacteria and *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* on plantlets of banana 'Maça'. *Plant Soil*, v. 298, p. 47–56, 2007.

ZHANG, J. *et al.* Breeding, genetics, and quantitative trait locus mapping for *Fusarium* wilt resistance in cotton. *Crop Science*, v. 55, n. 6, p. 2435-2452, 2015.

NEMATOIDE DAS GALHAS ASSOCIADO A CULTURA DA GOIABEIRA EM LIMOEIRO DO NORTE, CEARÁ

Francisco Jorge Carlos de Souza Junior
Instituto Centro de Ensino Tecnológico (CENTEC)

Sávio Santos Gomes Lucas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Emanuele Lucas Moura
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Mayara Castro Assunção
Prospecta Assessoria e Serviços Agropecuários/AL

RESUMO

A produção de goiaba desempenha um papel importante na agricultura brasileira, com destaque para a região nordeste, onde assume relevância socioeconômica, pois é a principal região produtora do país. Essa liderança da produção impulsiona a busca por inovações na cadeia produtiva, visando aumentar a produtividade. No entanto, a cultura da goiaba enfrenta desafios fitossanitários, incluindo as doenças como a meloidoginose, causada pelo nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.). Para o manejo eficaz deste patógeno nos pomares de goiabeira é crucial identificar de forma precisa as espécies de *Meloidogyne*. Deste modo, o objetivo desse estudo foi realizar o levantamento da prevalência de nematoide das galhas associado a cultura da goiaba em Limoeiro do Norte, Ceará. Para a identificação de *Meloidogyne* spp. foram utilizados caracteres morfológicos, bioquímicos e moleculares. Como resultado, constatou-se a presença de *M. incognita* na área de cultivo de goiaba. A ocorrência desse fitonematoide pode ocasionar danos de produção e qualidade do produto, uma vez que promovem ações danosas ao parasitar raízes de goiabeira.

Palavras-chave: Diagnose, *Meloidogyne Incognita*, *Psidium Guajava*.

INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma árvore frutífera da família Myrta-ceae, com destaque em climas tropicais e subtropicais, como o Brasil, que em 2021 registrou cerca de 22 mil hectares (ha) de área colhida, produzindo mais de 552 mil toneladas (t) anualmente, com rendimento médio de 24.953 kg/ha e valor da produção de mais de 973 mil reais (IBGE, 2021). No Brasil, o cultivo da goiabeira é amplamente distribuído nas regiões sudeste e nordeste, sendo esta última a maior produtora do país (IBGE, 2021), devido a goiabeira ter uma boa adaptação ao solo da região, preferência por disponibilidade de chuvas acima de 600 mm/ano, e ao clima, com umidade relativa do ar entre 50 e 80 % e temperatura entre 25 e 30 °C, para um bom desenvolvimento e condições fitossanitárias dos frutos (FLORI e CASTRO, 2009).

O estado do Ceará é quinto maior produtor de goiaba do Brasil e ocupa o terceiro lugar entre os produtores da cultura na região nordeste, atrás apenas dos estados de Pernambuco e da Bahia, produzindo na safra de 2022) aproximadamente 22.844 t. No território cearense os pomares com a cultura da goiaba ocupam 1.480 ha, com produtividade média de 15.435 kg/ha (IBGE, 2022), sendo os principais municípios produtores: Russas, Acaraú, Limoeiro do Norte, Cascavel, Mauriti, Maranguape, Jaguaruana e Bela Cruz; destacando Limoeiro do Norte, como o terceiro maior produtor do estado, com produção de aproximadamente de 1.970 t (IBGE, 2021). A cadeia produtiva da goiaba no Ceará é constituída por grandes produtores, com produção destinada ao consumo *in natura* e agroindústrias, além dos pequenos agricultores que fazem parte da agricultura familiar, servindo como fonte complementar da renda (CEARÁ, 2019).

Assim como outras culturas agrícolas, a goiabeira está sujeita a doenças que podem afetar a qualidade visual e nutricional do produto. Entre os principais problemas fitossanitários da cultura mais comuns estão a podridão-mole bacteriana (*Erwinia psidii*), a ferrugem (*Puccinia psidii* Wint.), a antracnose (*Colletotrichum* spp.), as podridões de frutos incluem espécies fúngicas dos gêneros *Acremonium*, *Alternaria*, *Botryosphaeria*, *Diaporthe*, *Dydimella*, *Epicoccum*, *Neofusicoccum*, *Phoma*, *Sarocladium*, *Simplicillium*, *Sphaerellopsis* e *Trichotecium* e o nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.) (JUNQUEIRA *et al.*, 2001). O nematoide das galhas, especialmente a espécie *M. enterolobii*,

é considerado o principal fitopatógeno para a goiabeira no Brasil, causando redução significativa na produtividade. O parasitismo desse nematoide induz a formação de galhas radiculares, afetando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, o que resulta em redução da produção (JONES *et al.*, 2013).

Para adoção de táticas de manejo adequadas, a identificação correta das espécies de *Meloidogyne* é fundamental, sendo importante ser realizada em tempo hábil para que a densidade populacional seja mantida abaixo do nível de dano. A partir da diagnose exata, algumas medidas são preconizadas, tais como a exclusão do fitopatógeno no campo de produção através da obtenção de mudas sadias e cuidado no transporte de solo contaminado entre áreas de cultivo (CASTRO e FERREIRA, 2007; FLORI e CASTRO, 2009). Além disso, é importante eliminar plantas doentes, controlar plantas invasoras que podem ser hospedeiras do nematoide e manejar adequadamente a irrigação e adubação (FLORI e CASTRO, 2009; CASTRO, 2013; MOTA *et al.*, 2023).

A realização de levantamentos de *Meloidogyne* spp. em áreas de produção de goiaba fornece informações sobre a flutuação das populações encontradas nos pomares, mostrando assim o comportamento desses patógeno na cultura e a eficácia das práticas de manejo adotadas. Deste modo, o objetivo desse estudo foi realizar o levantamento da ocorrência de nematoide das galhas associado a cultura da goiaba no município de Limoeiro do Norte, estado do Ceará.

MÉTODOS

As coletas das amostras foram realizadas em área de cultivo de goiabeira cultivar "Rica" (5°10'57"S; 38°00'39"W), localizado no município de Limoeiro do Norte, no estado de Ceará, durante os meses de maio a junho de 2023. Foram coletadas no total 36 amostras simples, próximas da região copa das plantas de goiabeira visando obter material vegetal do sistema radicular infestado por fitonematoides, de acordo com o espaçamento das plantas na área.

Cada amostra foi constituída por uma amostra de 500 g de solo + 300 g de sistema radicular por ponto amostrado. As amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e levadas para análise em laboratório. O procedimento para extração dos nematoides das amostras de solo e raízes seguiu as metodologias propostas por Jenkins (1964) retirando 100 cm³ de solo para

cada amostra e Coolen e D'Herde utilizando 10 g de raiz (1972), respectivamente (Figura 1). Para identificação em nível de gênero dos indivíduos foi utilizada a chave de identificação de Mai e Lyon (1960) com auxílio da câmara de Peters.

Figura 1. A. Área de cultivo da cultura da goiaba em Limoeiro do Norte - Ceará; B. Amostras de raízes de goiabeira com sintomas de galhas; C. Extração de massas de ovos de *Meloidogyne incognita* de amostras de raízes de goiabeira.



Fonte: Autores (2023).

Posteriormente, os isolados provenientes de uma única massa de ovos de cada isolado de *Meloidogyne* spp. foram inoculados em mudas de tomateiros Santa Cruz cv. Kada para multiplicação e posterior identificação da espécie. Para identificação inicial foram realizados cortes perineais de acordo com a metodologia de Taylor e Netscher (1974). A determinação do perfil da esterase seguiu a técnica descrita por Carneiro e Almeida (2001), utilizando uma fêmea madura por amostra. Para cada isolado que foi previamente identificada de acordo com as características do padrão perineal e do perfil de esterase foi feito a extração do DNA genômico com o kit AxyPrep Multisource Genomic DNA Miniprep (Axygen®), conforme protocolo do fabricante, e a qualidade e a quantidade de DNA foram estimadas respectivamente em gel de agarose 0,8% e NanoVueTM (GE Healthcare®).

Para caracterização molecular foram sequenciados dois fragmentos do DNA ribossomal (rDNA) (região D2-D3 do 28S rRNA e ITS). As amplificações em PCR foram realizadas em um volume final de 25 μ l, empregando o PCR Master Mix (2X) (Fermentas®) conforme recomendações do fabricante, detalhes dos protocolos das PCR estão descritos em Powers e Harris (1993). Os produtos de PCR foram visualizados em gel de agarose 2% e purificados com o kit AxyPrepTM PCR Cleanup (Axygen®).

Sequências de isolados ex-type foram utilizadas como referência, obtidas a partir do GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/) e os alinhamentos múltiplos das sequências foram realizados com o programa MAFFT (KATO, 2013), sendo ajustados manualmente para permitir o alinhamento máximo e similaridade máxima entre as sequências. Regiões ambigualmente alinhadas foram excluídas das análises. Todas as sequências geradas neste estudo foram depositadas no GenBank. Inferência Bayesiana (IB) foi utilizada para reconstrução filogenética. jModelTest v. 0.1.1 (POSADA, 2008) foi utilizado para determinar o melhor modelo de substituição de nucleotídeos para cada gene utilizando o Critério Bayesiano de Informação corrigido (BICc).

RESULTADOS

Na área de produção de goiaba avaliada foram isoladas 36 populações de *Meloidogyne* spp. a partir de amostras de solo e raízes. A quantidade de espécimes de juvenil de segundo estágio (J2) + ovos foi contabilizada para as amostras de solo e raiz e é apresentada na Tabela 1. Para as amostras de solo de todas as populações o valor médio foi de 158,25 J2+ovos, enquanto para o sistema radicular a média foi de 638,68 J2+ovos (Tabela 1). Não foi registrado a ocorrência de outro gênero de fitonematoide na área amostrada.

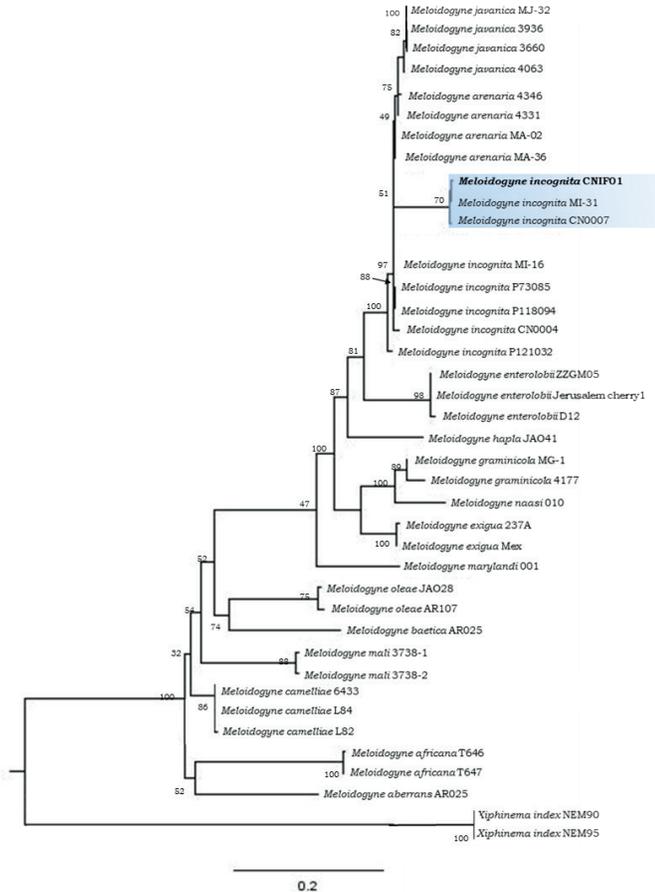
Tabela 1. Distribuição dos valores de indivíduos de juvenil de segundo estágio (J2) + ovos do gênero *Meloidogyne* das amostras de solo e raízes de goiabeira por ponto amostrado no município de Limoeiro do Norte - CE.

Pontos amostrado	Amostras		Pontos amostrado	Amostras		Pontos amostrado	Amostras	
	Solo (100 cm ³)	Raiz (10 g)		Solo (100 cm ³)	Raiz (10 g)		Solo (100 cm ³)	Raiz (10 g)
01	154	752	13	145	549	25	229	867
02	194	609	14	164	628	26	199	654
03	137	563	15	245	745	27	144	570
04	223	677	16	181	845	28	128	742
05	168	826	17	134	566	29	237	596
06	236	731	18	105	210	30	167	250
07	129	766	19	126	592	31	218	855
08	215	632	20	238	821	32	125	634
09	176	100	21	147	680	33	152	523
10	142	25	22	221	538	34	204	762
11	201	569	23	160	795	35	145	605
12	155	794	24	133	552	36	101	90

Fonte: Autores (2023).

Para análise morfológica das populações, por meio dos padrões perineais, foi observado um arco dorsal alto e ligeiramente quadrado, com estrias lisas a onduladas e sem visualização de linhas laterais, o que caracteriza a espécie *M. incognita*. As fêmeas multiplicadas em tomateiro, originárias das amostras coletadas, exibiram o fenótipo de esterase I1 (Rm:1,0), ratificando a identificação da espécie *M. incognita*.

Figura 2. Árvore da Máxima verossimilhança de espécies *Meloidogyne* spp; inferidas por meio da concatenadas dos alinhamentos dos fragmentos do DNA ribossomal (rDNA) (região D2-D3 do 28S rRNA e ITS). Os valores de suporte de bootstrap são mostrados nos nós.



Fonte: Autores (2023).

As sequências das regiões de DNA examinadas foram submetidas ao GenBank. A pesquisa no BLAST revelou uma identidade variando de 98% a 98% com as sequências de isolados de *M. incognita* do Brasil e da China, com as análises filogenéticas, conduzidas utilizando a IB, agrupando a população de *Meloidogyne* (CNIF01), isolada de *Psidium guajava*, em um clado juntamente com as sequências de *M. incognita* que estão depositadas no GenBank (MI-31 e CN0007) (Figura 2).

DISCUSSÃO

O nematoide das galhas é o principal gênero encontrado associado ao plantio de goiabeiras, tanto em levantamentos realizados na região nordeste do Brasil, assim como em outras regiões do país, ressaltando sua importância para a cultura (MOREIRA *et al.*, 2001; LIMA *et al.*, 2003; TORRES *et al.*, 2004; TORRES *et al.*, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2006; CARNEIRO *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2006; ASMUS *et al.*, 2007; GOMES *et al.*, 2007; LIMA *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2008; SIQUEIRA *et al.*, 2009; SILVA e OLIVEIRA, 2010; REIS *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2021). Além das goiabeiras presentes na área foi registrada a presença de plantas daninhas que servem como hospedeira alternativa, dificultando o manejo da doença (ZAMBOLIM e OLIVEIRA, 1996).

Levantamentos realizados em diferentes regiões do mundo relatam a presença de *M. incognita* em pomares de goiaba (RAZAK e LIM, 1987; CROZZOLI e CASASSA, 1998; HASSAN *et al.*, 2005; IBRAHIM e HANDOO, 2016; MADHU *et al.*, 2019). Em estudo de Casassa *et al.* (2008) na Venezuela, avaliando mudas de goiabeiras em viveiros, pode-se observar que a ocorrência de *M. incognita* exerceu uma ação prejudicial, reduzindo o peso aéreo seco. Na Nigéria, em pesquisa de Babatola e Oyedunmade (1992), também foi verificado que plantas de goiaba infectadas por *M. incognita* apresentaram características agrônômicas desfavoráveis, tais como clorose, altura das plantas e número de folhas.

Um dos principais problemas causados pela infestação por *M. incognita* em goiabeira é a perda do vigor, com reflexos negativos na produção (MOREIRA, 2000), porém neste levantamento não foi observado sintoma foliar da presença do patógeno, visto que há uma suplementação nutricional com adubação química e orgânica.

No Brasil, a ocorrência de *M. incognita* em goiabeiras por vezes não é citada com devida importância, uma vez que, a principal espécie que ataca esta cultura é a *M. enterolobii*. No entanto, a presença de população mista - *M. incognita* e *M. enterolobii* - também pode ser relatada em pomares de goiaba causando danos significativos (JINDAPUNNAPAT *et al.*, 2013), além de exigir maior cautela com as táticas de manejo a serem adotadas e com os cultivos das proximidades, que podem ser hospedeiros preferenciais de *M. incognita*.

Na literatura há registro de outros importantes fitonematoides associado a cultura da goiaba como *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis* (ZAMBOLIM e OLIVEIRA, 1996), *Helicotylechnus dihystra* (DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2010) e *Scutellonema* spp. (GONDIM *et al.*, 2016), porém neste estudo não foi assinalado a ocorrência de outros fitonematoides.

CONCLUSÃO

O levantamento assinalou a ocorrência do nematoide das galhas, especificamente a espécie *Meloidogyne incognita*, em área de cultivo da cultura da goiaba em Limoeiro do Norte, Ceará. Este assinalamento ressalta a importância da identificação e do monitoramento dos nematoides das galhas na cultura da goiaba para o planejamento de medidas eficazes de manejo com o intuito de manter a produção e qualidade deste fruto na agricultura brasileira, especialmente na região nordeste.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. J.; SOARES, P. L. M.; SANTOS, J. M.; MARTINS, A. B. G. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba (*Psidium guajava*) no estado de São Paulo. *Nematologia Brasileira*, v. 30, p. 112-113, 2006.
- ASMUS, G. L.; VICENTINI, E. M.; CARNEIRO, R. M. D. G. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado do Mato Grosso do Sul. *Nematologia Brasileira*, v. 31, n. 2, p. 112, 2007.
- BABATOLA, J. O.; OYEDUNMADE, E. E. A. Host-parasite relationships of *Psidium guajava* cultivars and *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, v. 20, p. 233-235, 1992.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 35-44, 2001.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; MÔNACO, A. P. A.; MORTIZ, M. P.; NAKAMURA, K. C.; SCHERER, A. Identificação de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. *Nematologia Brasileira*, v. 30, p. 293-298, 2006.
- CASASSA, A. M.; CROZZOLI, R.; MATHEUS, J.; BRAVO, V.; MARIN, M. Efecto del nematodo agallador *Meloidogyne incognita* sobre el crecimiento del guayabo (*Psidium* spp.) en vivero. *Nematologia Mediterranea*, p. 237-242, 1998.
- CASTRO, J. M. C. Declínio-da-goiabeira e medidas de prevenção. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. (Embrapa Semiárido. Instruções técnicas da Embrapa Semiárido, 107).

CASTRO, J. M. C.; FERREIRA, R. C. F. Boas práticas para produção de mudas de goiabeiras isentas de nematóides. Petrolina: Embrapa Semi-Árido: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2007.

CEARA. Porteiras, CE: Cultivo de goiabas proporciona vantagem financeira a agricultor familiar. Ematerce Ceará. Disponível em: <<https://www.ematerce.ce.gov.br/2019/12/05/porteiras-ce-cultivo-de-goiabas-proporciona-vantagem-financeira-a-agricultor-familiar/>>. Acesso em: 03 nov. 2023.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent: State Agricultural Research Center, 1972.

COSTA, M. G. S.; FERREIRA, J. C. A.; DAMASCENA, A. P.; CARVALHO, V. R. D.; LEONEL, S.; WILCKEN, S. R. S. Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* em goiabeira no município de São Manuel, estado de São Paulo. *Summa Phytopathologica*, v. 46, p. 351-352, 2021.

CROZZOLI, R.; CASASSA, A. Especies y razas de *Meloidogyne* en el cultivo del guayabo en Venezuela. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, v. 15, n. 1, p. 107-108, 1998.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FURLANETTO, C.; SANTANA, S. D. M.; BARIZÃO, D. A. O.; RIBEIRO, R. C. F.; FORMENTINI, H. M. Fitonematoides associados a frutíferas na região Noroeste do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 32, p. 1064-1071, 2010.

FLORI, J. E.; CASTRO, J. M. C. A Cultura da goiabeira irrigada no Nordeste brasileiro. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A. de; AMORIM, D. A. (ed.). *Cultura da goiaba: do plantio à comercialização*. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 2009. v. 2 cap. 21, p. 507-523.

GONDIM, J. P. E.; SILVA, R. V.; SOUSA JUNIOR, J. R.; CRUZ, C. F. M.; DIAS, M. H. F. Nematoides associados à goiabeiras na região sul do estado de Goiás. In: CONGRESSO ESTADUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 5. 2016. *Anais... Iporá (GO)*, 2016.

GOMES, A. R.; FAUSTINO, J. F.; WILCKEN, S. R. S.; CARNEIRO, R. M. D. G.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SOUZA, N. L. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em *Psidium guajava* L. no Estado da Paraíba. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, p. 273, 2007.

GOMES, C. B.; COUTO, M.E.; CARNEIRO, R. M. D. G. Registro de Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em Goiabeira (*Psidium guajava* L.) e Fumo (*Nicotiana tabacum* L.) no Sul do Brasil. *Nematologia Brasileira*, v. 32, p. 244-247, 2008.

HASSAN, A.; GHOSH, B.; DAS, B.; GHOSH, S.; RAY, S. K.; KHAN, M. R. Diversity and Community Analyses of Soil Nematodes Associated with Guava from West Bengal, India. In: INTERNATIONAL GUAVA SYMPOSIUM, 735. 2005.

IBRAHIM, I. K. A.; HANDOO, Z. A. Occurrence of phytoparasitic nematodes on some crop plants in northern Egypt. *Pakistan Journal of Nematology*, v. 34, n. 2, p. 163-169, 2016.

IBGE. *Cidades*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/pesquisa/15/11954?tipo=grafico&indicador=11955>>. Acesso em: 03 nov. 2023.

IBGE. *Produção Agrícola Municipal*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 19 jul. 2023.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, v. 48, p. 692, 1964.

- JINDAPUNNAPAT, K.; CHINNASRI, B.; KWANKUAE, S. Biological control of root-knot nematodes (*Meloidogyne enterolobii*) in guava by the fungus *Trichoderma harzianum*. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*, v. 8, n. 2, p. 110-118, 2013.
- JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E. G. J.; GAUR, H. S.; HELDER, J.; JONES, M. G. K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J. E.; WESEMAEL, W. M. L.; PERRY, R. N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, v. 14, n.9, p. 946-961, 2013.
- JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M.; PEREIRA, M.; LIMA, M. M.; CHAVES, R. D. C. *Doenças da goiabeira no cerrado*. 2001. Brasília: Embrapa Cerrados (Circular Técnica 15) 31p.
- KATOH, S. MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution*, v. 30, n. 4, p. 772-780, 2013.
- LIMA, I. M.; DOLINSKI, C. M.; SOUZA, R. M. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabaes de São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. *Nematologia Brasileira*, v. 27, p. 257-258, 2003.
- LIMA, I. M.; MARTINS, M. V. V.; SERRANO, L. A. L.; CARNEIRO, R. M. D. G. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira cv Paluma no estado do Espírito Santo. *Nematologia Brasileira*, v. 31, p. 133, 2007.
- MADHU, M. R.; VERMA, K. K.; VINOD, K. Distribution, prevalence and intensity of guava decline in western Haryana. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, v. 7, p. 521-524, 2019.
- MOREIRA, W. A. *Estratégias de controle preventivo do nematóide das galhas em goiabeira*. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2000. (Embrapa Semiárido. Instruções técnicas da Embrapa Semiárido, 41).
- MOREIRA W. A.; BARBOSA, F. R.; MOURA, A. O. Distribuição populacional de fitonematóides em goiabeira no submédio São Francisco. *Nematologia Brasileira*, v. 25, n. 1, p. 125, 2001a.
- MOTA, E. A.; SOUZA JUNIOR, F. J. C.; SANTOS, C. D. G. Reação de plantas daninhas ao parasitismo pelo nematóide das galhas da goiabeira, *Meloidogyne enterolobii*. *Diversitas Journal*, v. 8, n. 1, p.33-41, 2023.
- POSADA, D. jModelTest: phylogenetic model averaging. *Molecular biology and evolution*, v. 25, n. 7, 1253-1256, 2008.
- POWERS, T. O.; HARRIS, T. S. A polymerase chain reaction method for identification of five major *Meloidogyne* species. *Journal of nematology*, v. 25, n. 1, p. 1, 1993.
- RAZAK, A. R.; LIM, T. K. Occurrence of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on guava in Malaysia. *Pertanika*, v. 10, n. 3, p. 265-270, 1987.
- REIS, H. F. D.; BACCHI, L. M. A.; VIEIRA, C. R. Y. I.; SILVA, V. S. D. Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) em pomares de goiabeira no município de Ivinhema, Estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 676-679, 2011.
- SILVA, G. S.; ATAYDE SOBRINHO, C.; PEREIRA, A. L.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado do Piauí. *Nematologia Brasileira*, v. 30, p. 307-309, 2006.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) em goiabeiras no estado de Minas Gerais, Brasil. *Nematologia Brasileira*, v. 34, n. 3, p. 172-177, 2010.

SIQUEIRA, K.; FREITAS, V. M.; ALMEIDA, M. R. A.; SANTOS, M. F.; CARES, J. A.; TIGANO, M. S.; CARNEIRO, R. M. Detecção de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e mamoeiro no estado de Goiás, usando marcadores moleculares. *Tropical Plant Pathology*, v. 34, p. 256-260, 2009.

TAYLOR, A. L.; NETSCHER, C. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica*, v. 20, n. 2, p. 268-269, 1974.

TORRES, G. R. C.; COVELLO, V. N.; SALES JÚNIOR, R.; PEDROSA, E. M. R.; MOURA, R. M. *Meloidogyne mayaguensis* em *Psidium guajava* no Rio Grande do Norte. *Fitopatologia Brasileira*, v. 29, p. 570, 2004.

TORRES, G. R. C.; SALES JÚNIOR, R.; REHN, V. N. C.; PEDROSA, E. M. R.; MOURA, R. M. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado do Ceará. *Nematologia Brasileira*, v. 29, n. 1, p. 105-107, 2005.

ZAMBOLIM, L.; OLIVEIRA, R. R. Manejo Integrado das Doenças da Goiabeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, p. 1-15, 1996.

ADUBAÇÃO DE SISTEMAS: PRÁTICA QUE OTIMIZA O USO DE NUTRIENTES E AUMENTA A EFICIÊNCIA PRODUTIVA DOS SISTEMAS AGRÍCOLAS

Jaqueline Beatris Zanella

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Pedro Horevicz Dambros

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Igor Kieling Severo

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Marcus Vinicius Talamini Junior

Pesquisador independente, Pato Branco/PR

Marlise Nara Ciotta

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (EPAGRI)

André Brugnara Soares

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

RESUMO

Este capítulo de livro visa revisar e apresentar os aspectos conceituais e compilar resultados científicos de trabalhos sobre a adubação de sistemas, fornecendo uma base científica sólida que ajudará o entendimento e adoção desta prática nos sistemas produtivos agrícolas. A adubação de sistemas é uma abordagem que visa otimizar a fertilização em ecossistemas agropecuários de forma integrada e sustentável. Nesse contexto, a adubação é considerada não apenas como um meio de fornecer nutrientes às plantas, mas também como parte de um sistema mais amplo que envolve interações entre práticas agrícolas e pecuária. Portanto, a adubação de sistemas é uma abordagem holística que busca equilibrar as necessidades de nutrientes das culturas agrícolas com a preservação do solo e do ambiente. Ela promove a integração de práticas agrícolas e a utilização eficiente de recursos, não somente os de natureza mineral, visando sistemas de produção mais resilientes e sustentáveis. A dúvida sobre a eficiência da prática de adubação de sistemas é uma preocupação legítima e, muitas vezes, baseada na necessidade de evidências sólidas para fundamentar a adoção da nova abordagem.

Palavras-chave: Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, Sustentabilidade, Manejo de Solo, Fertilidade.

INTRODUÇÃO

As recomendações de adubação, via de regra, buscam atender exigências nutricionais das plantas, atingindo os níveis críticos de nutrientes no solo visando a reposição de nutrientes nas fertilizações ao longo dos cultivos e direcionamento da adubação para uma cultura específica (ASSMANN e SOARES, 2016; FARIAS *et al.*, 2020; ZORTÉA, 2021). No entanto, a busca por sistemas mais sustentáveis e eficientes, exemplo destes os SIPAs (Sistemas Integrados de Produção Agropecuária), os quais adotam um manejo de adubação diferenciado, considerando que no processo de adubação há a ciclagem e relativo acúmulo dos nutrientes no solo ao longo do tempo, contribuindo para a fertilidade a longo prazo (ANGHINONI *et al.*, 2011).

A visão holística do manejo de adubação, sustentável e eficiente, passa pelo entendimento das sinergias, causas e efeitos da ação de fertilizar, mas não somente, e sim concomitantemente ao planejamento e entendimento da aptidão do agroecossistema e todas suas interfaces solo-planta-animal-atmosfera. Estas orientações passam pela observação: das espécies cultivadas na estação de inverno e verão e sua adaptabilidade, efeito e potencial sobre o sistema; presença animal e sua influência para com o aparecimento de propriedades emergentes benéficas no sistema; atividade biológica e biodiversidade de espécies; ciclagem de nutrientes entre as fases de um sistema de rotação buscando a máxima eficiência de uso de nutrientes, reduzindo entradas, evitando perdas e mantendo a fertilidade do solo a longo prazo (ASSMANN E SOARES, 2016; ASSMANN *et al.*, 2017).

Mesmo que a pesquisa ainda não tenha dado a devida amplitude que o tema merece, a visão de adubação de sistemas seria o enriquecimento de nutrientes, em ciclagem, de todo o agroecossistema. Seria dizer que a entrada de nutrientes, via fertilizantes, independe se orgânicos, minerais ou organominerais, estaria enriquecendo de nutrientes, nutrindo e adubando as plantas agrícolas, forrageiras ou arbóreas, os animais domésticos e sua flora ruminal. Para desafiar o leitor no conceito de adubação de sistema, poderíamos exemplificar o uso de calcário aplicado ao solo, que reduz ou elimina a acidez e aumenta a disponibilidade de nutrientes como por exemplo o fósforo (P), por conseguinte,

aprimora a composição química da forrageira. Isso resulta em um aumento do consumo de fósforo pelos animais (COSTA, 2004).

A compreensão do termo adubação de sistemas é um desafio tanto quanto a adoção desta filosofia por parte dos agropecuaristas. Existe um confundimento entre os termos “adubação de sistemas”, “antecipação de adubação” e “inversão de adubação”. Porém, a adubação de sistema é um paradigma em construção que traz a filosofia do olhar sistêmico sobre o ponto de vista das fertilizações do agroecossistema, norteadas pela compreensão dos ciclos biológicos de toda interface solo-planta-animal-atmosfera e o aproveitamento inteligente e responsável de suas relações sinérgicas. Trata-se de um conceito muito amplo, que tem como premissas os ciclos biogeoquímicos de ciclagem de nutrientes entre os compartimentos solo, planta e animal.

A inversão de adubação é um termo criado para deixar claro que o momento de entrada dos nutrientes no sistema produtivo (adubação) deve ser logo após o evento de maior exportação de nutrientes. Sem sombra de dúvida a colheita das culturas agrícolas é o momento de maior retirada de nutrientes do sistema. Se aplicarmos os nutrientes perto do momento da maior exportação, estes terão menos chance de ciclar no sistema solo-planta-animal. Quanto mais longe, em tempo, da colheita (exportação) eles forem aplicados, mais chance terão de serem ciclados, aumentando a eficiência da adubação para a produção. Seria dizer, em outras palavras, que o melhor momento para adubar as culturas agrícolas é logo após a sua colheita e não na sua semeadura. Desta forma, na inversão de adubação, a fertilização do agroecossistema consiste na aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio de forma total ou parcial, na cultura antecessora do grãos, ou seja na pastagem (BERNARDON *et al.*, 2021; SOARES *et al.*, 2023).

Já a antecipação de adubação é uma prática de fertilização que visa especialmente o cultivo agrícola, mas que a aplicação dos nutrientes é feita algum tempo antes da semeadura para que a esta operação seja otimizada, e que se possa usar as plantadeiras sem caixa para adubação (MATOS *et al.*, 2006; GUARESCHI *et al.*, 2008; BERRIA, 2019). Em muitas regiões a antecipação de adubação tem sido usada, como exemplo podemos citar duas situações. Na região centro-sul do Paraná, a semeadura de soja, na sequência da cevada, é feita por muitos produtores sem o uso de adubo, este foi aplicado na semeadura da cultura anterior, a cevada. Trouxe celeridade no processo de plantio, pois

a janela de tempo entre a colheita da cevada e a semeadura da soja é muito estreita. No cerrado Piauiense, em que as chuvas começam em novembro, os produtores precisam acelerar o plantio para aproveitar as primeiras chuvas e não deslocar o cultivo para os meses de outono, por isso, muitos produtores na região do alto Parnaíba aplicam o fósforo e potássio ainda no final estação seca, semanas antes do início da semeadura da soja.

A diferença crucial entre a inversão e a antecipação de adubação reside no objetivo. A primeira visa aumentar a produção primária e secundária da pastagem e, em consequência, já deixar o ambiente rico em nutrientes para a lavoura que vem na sequência, pois pouco é exportado quando usa-se o pastejo. Já a antecipação de adubação não visa necessariamente aumentar o rendimento de forragem com a adubação. Em termos de tempo, pode-se dizer que um produtor que usa integração lavoura (soja) com pecuária (pastagem de aveia - *Avena* sp. - mais azevém - *Lolium multiflorum* L.) e que aplica o nitrogênio, fósforo e potássio, ou na semeadura da pastagem ou a lavoura no início do seu ciclo, estaria fazendo inversão de adubação. E quando, nesta mesma situação, o produtor aplica os nutrientes alguns dias antes da dessecação, ou após, mas antes do plantio da lavoura, estaria fazendo a simples antecipação da adubação. Porém, ambas as práticas, antecipação de adubação ou inversão de adubação, são práticas pertencentes ao acervo tecnológico disposto na filosofia de adubação de sistemas, cujo principal objetivo é aumentar a eficiência de aproveitamento dos nutrientes no sistema.

Entre ambas, a inversão da adubação é que otimiza essa eficiência, pois promove o aumento da produção de biomassa vegetal através da aplicação dos fertilizantes parcial ou totalmente na época de produção de forrageiras, e pelo turnover de tecidos da parte subterrânea e aérea (NABINGER, 1997) juntamente com a ciclagem via animal (urina e fezes)(DUBEUX e SOLLENBERGER, 2020), disponibiliza os nutrientes para a cultura agrícola em sequência. Os nutrientes presentes na palhada, que seria a própria massa de forragem quando da retirada dos animais para dessecação, também representam uma via de ciclagem (SOARES *et al.*, 2015). Além disso, o aumento da biomassa microbiana do solo pelo aumento da produção de raízes, exsudatos, e melhoria nas condições de crescimento de organismos benéficos à cultura seguinte também oferecem uma

rota de ciclagem de nutrientes na integração lavoura-pecuária (CARVALHO *et al.*, 2010; ZORTÉA, 2021).

Desta forma, a adubação de sistemas faz parte da construção de um novo paradigma nos sistemas de produção agropecuária em que se considera a transferência de nutrientes entre os componentes do sistema (ASSMANN *et al.*, 2017). E, quando há a inserção dos animais em pastejo, desencadeia uma série de interações complexas dentro do ecossistema em que o animal desempenha o papel de um grande catalisador neste processo (CARVALHO *et al.*, 2010; ANGHINONI *et al.*, 2013).

Desse modo, diante da transição de nutrientes entre as culturas surgem muitos questionamentos: qual cultura adubar? Qual a recomendação de adubação: doses e formas de aplicar? Podemos inverter totalmente ou apenas parcialmente a adubação? Prévio às respostas de tais questionamentos é necessário definir primeiramente para qual sistema seria essa recomendação: Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, nos quais há a presença de animais (ruminantes)? Sistemas de produção agrícolas sem a presença de animais? Ou podemos ir mais além, e pensar em Sistemas de Produção Integrados na Fruticultura, nos quais no período de inverno há a implantação de plantas de cobertura? Ou ainda, Sistemas de Produção de Hortaliças em Plantio Direto, onde se faz a rotação de culturas e no inverno há a utilização de plantas de cobertura. Com todos esses questionamentos pode-se concluir que para a adubação de sistemas não existe um protocolo pronto, e precisamos levar em consideração todas as peculiaridades de cada sistema de produção, cabendo ao profissional (técnico, agrônomo, produtor) ter essa visão sistêmica para a tomada de decisão na aplicação de fertilizantes. Assim, é preciso considerar cada propriedade como um sistema único de produção e dar importância para diversos fatores como o histórico da área, questões de solo: mineralogia, física e química do solo (disponibilidade dos nutrientes), questões climáticas locais, etc.

Com relação à quantidade de fertilizante a ser aplicada, surgem muitas dúvidas, entre elas, qual a recomendação de adubação seguir, da cultura principal de verão (grãos) e aplicar na cultura de inverno (pastagem) ou vice-versa? Deve ser realizada a soma das recomendações para ambas culturas e realizar a aplicação na estação hibernal? Deve ser feita a média da recomendação das duas culturas e aplicar no período que se tem menores perdas e melhor

aproveitamento? Existem ainda várias incertezas em relação a essas questões. Além disso, até o momento, esse tema não é abordado nos manuais de adubação e calagem, possivelmente devido às complexidades mencionadas.

Em relação ao nitrogênio na adubação de sistemas, em qual das culturas aplicar essa adubação?

O Nitrogênio (N) é um elemento com uma dinâmica muito complexa no solo e altamente suscetível às perdas (volatilização, lixiviação e escoamento superficial), podendo gerar uma certa insegurança em qual momento realizar essa aplicação no solo (GASTAL *et al.*, 2015).

Entre as possibilidades, recomenda-se realizar a adubação no inverno ou na fase de pastagem hibernal. Sendo justificada por vários pesquisadores pelas vantagens desse manejo, entre elas, o fato de que as condições climáticas do início do inverno na região sul-brasileira (temperaturas mais baixas e umidade do solo mais alta) reduzem as perdas de N por volatilização. Além disso, o espaçamento entre linhas para pastagem (17 cm) é menor que o milho (60 a 80 cm), assim a ureia aplicada na pastagem pode ser menos facilmente volatilizada devido à absorção mais rápida pelo ao sistema radicular denso das gramíneas e o crescimento ativo do dossel (LIMA, 2018). Outro argumento é que a exportação dos nutrientes pela pecuária é baixa, deixando grande proporção disponível para liberação para a próxima safra de grãos (MORAES *et al.*, 2018).

A aplicação de N na pastagem proporciona melhoria nutritiva da forrageira e produtividade. O tema da fertilização nitrogenada em forrageiras é densamente abordado na literatura científica, valendo aqui a menção de alguns estudos recentes: Deifeld *et al.* (2021) verificaram que a aplicação de N na pastagem proporcionou aumento de 37,4% no teor de proteína comparando com o tratamento que não recebeu adubação nesta fase, o que consequentemente impactou no ganho de peso dos animais.

Elejalde *et al.* (2021) verificaram que a aplicação de ureia (45% N) na pastagem aumentou no valor nutritivo, oferta e massa de forragem, assim como na capacidade de suporte, sem alterar o desempenho animal, resultando em maior produção animal por unidade de área. Os mesmos autores verificaram aumento de 26% da carga animal nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada.

Resultados similares foram encontrados por Deifeld *et al.* (2021) que verificaram aumento médio de 211 kg peso vivo (PV) ha⁻¹ com a aplicação de N na aveia em comparação com os tratamentos que receberam o N somente na fase lavoura. Consequentemente, a utilização de N na pastagem refletirá positivamente na rentabilidade do sistema e viabilidade da integração, além de que esse custo com a adubação pode ser diluído ou neutralizado pelo aumento de carga animal ou ganho de peso.

Farias *et al.* (2020) ao comparar adubação convencional (aplicação de fósforo e potássio na semeadura da soja e nitrogênio no estabelecimento do azevém) com a utilização da técnica de adubação de sistema, em que todos os nutrientes foram aplicados durante o estabelecimento do azevém, obtiveram resultados positivos tanto na forrageira de inverno como na produtividade da soja no verão. Os mesmos autores observaram maior taxa de acúmulo diário, produção total de forragem e consequentemente maiores taxas de lotação na fase de pastagem, no tratamento adubação de sistema.

É de extrema relevância observar que a adubação de sistemas com N aumenta a produção de biomassa bem como diminui a relação C/N podendo aumentar a velocidade de decomposição do resíduo e disponibilizando uma quantidade maior de nutrientes para as plantas da cultura seguinte (GARCIA *et al.*, 2014), sendo esse processo é potencializado se no sistema houver o componente animal em pastejo (HENTZ *et al.*, 2014).

A adubação aplicada apenas na fase de pastagem, será suficiente para a cultura de grãos?

Alguns autores já trabalharam no tema, entre eles, Andreolla *et al.* (2015) que verificaram em seus resultados que a adubação nitrogenada da pastagem de inverno em doses igual ou superior a 150 kg N.ha⁻¹, garante elevada produtividade da cultura do milho na ausência de aplicação de N na fase de grãos. Bernardon *et al.* (2021) sugerem que 200 kg N.ha⁻¹ aplicados no início do perfilhamento da pastagem N.ha⁻¹ (não fracionado) é mais do que suficiente para suprir as exigências de N da pastagem durante todo o ciclo da pastagem, pois a concentração de N forrageiro sempre se manteve maior que a curva padrão de diluição.

Inúmeros são os trabalhos que relatam a mesma informação: “podemos adubar o sistema, utilizando da inversão total de adubação, e a resposta produtiva será igual ou melhor quando comparado a sistemas convencionais de adubações pontuais na cultura granífera”. Entre eles, o trabalho de Assmann (2002), na qual toda a adubação nitrogenada recomendada para o milho é antecipada, fertilizando as pastagens, obtendo rendimento de grãos, independente da época de adubação, de aproximadamente 10 t.ha⁻¹.

Mas se adubarmos diretamente a cultura de grãos, não haverá o mesmo efeito residual para a cultura sucessora, o azevém, no inverno?

Bernardon *et al.* (2021) ao avaliarem o efeito residual da aplicação da adubação nitrogenada aplicada à cultura do milho na pastagem de aveia e azevém com manejo com duas alturas de pastejo, no inverno em um sistema integrado no município de Aberlado Luz (SC), encontraram resultados que mostram que o N aplicado durante a fase de cultivo é exportado durante a colheita de grãos sem deixar efetivo de nutrientes em ciclagem suficiente para proporcionar alta produção de forragem e animal no período hibernar. Enquanto nos tratamentos que houve a aplicação da adubação nitrogenada na pastagem, verificou-se o aumento do acúmulo de massa seca (MS) e melhora no valor nutritivo das forragens. Os autores discutem que parte do N aplicado no milho é exportado durante a colheita de grãos e outra hipótese que a transferência de N pode ter sido limitada devido à alta relação C/N da palhada do milho, sendo desta forma, essas limitações da disponibilidade de N limitam o crescimento da pastagem e ciclagem de nutrientes.

Maccari *et al.* (2021) verificaram que há transição dos nutrientes da fase de pastagem para a cultura do milho, principalmente do N em que foi comprovado pela curva de diluição em que a pastagem fertilizada com N, forneceu a quantidade adequada do nutriente para a cultura do milho. Portanto, já há evidências que está ocorrendo a transição de nutrientes entre as culturas na adubação de sistemas, e isso já pode ser contabilizado nas recomendações de fertilizantes nitrogenados para milho em solos tropicais.

Fósforo e potássio na Adubação de Sistemas

O fósforo (P) é encontrado em quantidades limitadas na solução do solo, sendo a maior parte dele fixada na fração sólida, associada aos minerais (tais como óxidos e hidróxidos) (MARTINEZ *et al.*, 2021). Normalmente recomenda-se a aplicação do fertilizante em linha quando as adubações são realizadas via a aplicação de fosfatos para reduzir a possibilidade de contato no solo, com os óxidos-hidróxidos de alumínio (Al) e ferro (Fe) acarretando a indisponibilidade do nutriente.

Desta forma, recomendações de antecipação de adubações fosfatadas para a fase de pastejo, à lanço, em um sistema de integração lavoura-pecuária poderiam, em teoria, favorecer uma maior fixação ou imobilização do fósforo, visto que esse elemento teria mais tempo de interação com o solo (ASSMANN *et al.*, 2017). Ao contrário do que se supõe, Deiss *et al.* (2016) observaram que a presença do pastejo, aumentou a concentração de P na forma de ortofosfatos e reduziu o P orgânico recalcitrante, portanto aumentando a disponibilidade de P para as plantas. Esses resultados estão alinhados com o estudo de Carlos *et al.* (2020), o qual demonstrou que a integração de arroz com pecuária em terras baixas no sul do Brasil teve um impacto significativo na disponibilidade de P no solo, resultando em um aumento impressionante de 177% na concentração de P na solução do solo. Além disso, tem-se reportado que em SIPA há um incremento nos teores de P, principalmente em formas orgânicas lábeis, devido ao alto aporte de resíduos vegetais e animais (COSTA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2020). Portanto, a integração da pecuária, com as culturas anuais, pode ser uma alternativa sustentável para aumentar a disponibilidade de P no solo. De fato, o pastejo amplia a biodisponibilidade do P no solo, além de reduzir a presença de formas orgânicas mais recalcitrantes desse elemento.

Da mesma forma, isso ocorre também para o nutriente potássio (K), que pode ter sua disponibilidade no solo aumentada com a utilização dos SIPA. Estudos comparando “Sistema Santa Fé” (*Zea mays* L. e *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A.Rich.)) em comparação com o milho sem consórcio nas condições de Cerrado, mostram a capacidade das plantas forrageiras em reciclar o K, aumentando sua disponibilidade que grande quantidade de K não trocável foi incorporado no sistema (GARCIA *et al.*, 2008). Estudos de Bertolazi *et al.* (2017)

demonstraram que, em 12 anos de adoção de SIPA, houve aumento na disponibilidade de K, principalmente devido à maior ciclagem pelo maior crescimento radicular da pastagem promovido pelo pastejo. Posteriormente, na mesma área experimental, Almeida *et al.* (2021) verificaram que o pastejo induziu o uso de formas menos disponíveis de K no solo ("K não trocável").

Sobre a inversão da adubação potássica, Foloni e Rosolem (2008) verificaram que as doses de K nas culturas antecessoras não alteraram a produção de massa de matéria seca e teor de K das mesmas. Ou seja, a antecipação da adubação potássica, com doses de 60 a 90 kg ha⁻¹ de K₂O na semeadura do milho cultivado na primavera, não comprometeu o acúmulo de K na parte aérea da lavoura de soja subsequente, em sistema plantio direto. Desta forma, a adubação pode ser totalmente invertida, aplicada na semeadura da gramínea de cobertura, sem comprometimento de rendimento da lavoura comercial.

Soares *et al.* (2023) conduziram um estudo para avaliar estratégias de inversão dos níveis de adubação potássica e nitrogenada na cultura da aveia preta sobre a produtividade do milho. Os resultados indicaram que a inversão total ou parcial da adubação nitrogenada e potássica pode ser uma prática viável em sistemas bem gerenciados, tanto na aplicação em cobertura quanto na simulação de pastejo por desfolha. Mostra-se uma excelente ferramenta que pode substituir a aplicação de adubação de cobertura em plantas de milho quando cultivadas em sequência. De acordo com Vieira *et al.* (2016), em solos com teores elevados de potássio (K), é sugerido fornecer esse nutriente durante a cultura de inverno, uma vez que apresenta uma resposta mais significativa nas culturas de entressafra. Isso resulta em um maior acúmulo de matéria orgânica e em uma distribuição mais uniforme de K e P para a cultura subsequente de soja. Por outro lado, Zanella (2019) concluiu que em solos com níveis de fertilidade já elevados, a produtividade da cultura da soja não demonstrou aumento significativo em resposta ao incremento de K. Portanto, essa constatação reforça a segurança na recomendação de antecipar a adubação, direcionando-a, nesse caso, para a cultura da aveia preta.

Existem várias técnicas que contribuem para o aumento da produção de biomassa tanto na parte aérea quanto nas raízes, promovendo um melhor estabelecimento das populações de microrganismos, reduzindo ou eliminando os dias de pousio e utilizando de forma mais eficiente os insumos e recursos

naturais. Entre essas técnicas, destacam-se: a) semeadura e aplique: que consiste em dessecar a cultura antecessora após a semeadura da cultura "principal" com objetivo de aumentar a deposição de nutrientes sobre o solo, maximizar a absorção destes pela planta e aumentar a disponibilização de nutrientes para a fase líquida do solo de forma mais lenta; b) pastejo: que pelo seu ato proporciona aumento da produção de biomassa vegetal, elevação da quantidade e diversidade de microrganismos no solo e ciclagem de nutrientes; c) sobressemeaduras: possibilitam a diminuição dos dias de pousio, aumento da produção de biomassa anual, ajudam na conservação dos solos, águas e microbiota do solo.

O entendimento deste viés holístico intensificado e sustentável é um panorama global da tendência, modelos de produção e alternativas produtivas que maximizem a produção de biomassa por área, aumentam a eficiência no uso de fertilizantes, sequestram carbono e proporcionem resiliência sócio, econômica e ambientalmente começaram a ser mais difundidos no Brasil a partir dos anos 2000 com estudos de SIPA no sul do país (LUSTOSA, 1998; ASSMANN, 2002; MORAES *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 2004).

A filosofia da adubação de sistemas é vasta e multidisciplinar, e por este motivo consegue entender os processos produtivos além do monocultivo. Isso possibilita perceber a planta como elemento de um ecossistema em constante movimento, abrindo caminho para a exploração de novos horizontes que valorizam a biodiversidade, promovem o trabalho em comunidades e vão além da consideração de populações individuais de uma única espécie. Destaca-se a importância das sinergias entre os elementos do sistema e a compreensão fundamental de que "na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". Esta transformação passa pelas bases filosóficas de produção de cada sistema em questão.

Estudos têm demonstrado que as gramíneas forrageiras cultivadas em consórcio com o milho não interferem na produtividade da cultura granífera (BATISTA *et al.*, 2011), bem como maximizam a produção de alimento por unidade de fertilizante utilizado (ALVES *et al.*, 2019; HENTZ *et al.*, 2014). Várias outras pesquisas já evidenciaram respostas que promovem a resiliência dos sistemas quando se usam as premissas do SIPA com adubação de sistema, como aumento da produtividade, aumento do sequestro de carbono, diminuição da dependência

de insumos externos e sobretudo sistemas sustentáveis ambientalmente quando se usam dos conceitos da adubação de sistemas, do sistema plantio direto, do pastoreio rotatínuo e do uso racional de recursos naturais e não renováveis (ALVES *et al.*, 2020; CONGIO *et al.*, 2021; ALBUQUERQUE NUNES *et al.*, 2021).

Biodiversidade de plantas como ferramenta para o aumento da ciclagem de nutrientes e sucesso na adubação de sistemas

A adubação de sistemas também passa pela escolha das espécies a serem trabalhadas, das características fisiológicas e morfológicas das plantas que contribuem de inúmeras maneiras no complexo solo-planta-animal-atmosfera. O pesquisador do IDR Paraná - Pato Branco, Ademir Calegari em várias palestras, encontros, dias de campo, eventos e trabalhos vêm mostrando o papel fundamental das plantas de cobertura, como aveia centeio, ervilhaca, nabo forrageiro, tremoços, crotalárias, mucuna entre outras, na estruturação física, química e biológica dos solos, pelo crescimento de raízes, aporte de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes, principalmente de camadas subsuperficiais do solo (CALEGARI, 2008).

Estudos com trigo mourisco demonstram que suas raízes têm capacidade de liberar exsudatos, ácidos orgânicos (tartárico, por exemplo) e por consequência solubilização de P (POSSINGER *et al.*, 2013). Como indicado por Teboh e Franzen (2011), a maior parte do fósforo solubilizado pelo trigo mourisco origina-se da fração lábil do solo, o que pode levar a um aumento na disponibilidade de fósforo para culturas subseqüentes. Além disso, como evidenciado por Lopes *et al.* (2021), as raízes do trigo mourisco podem tornar disponível fósforo proveniente de fontes de baixa solubilidade, como certos tipos de rochas, possibilitando que esse fósforo esteja potencialmente disponível para as culturas seguintes.

Trabalhos realizados no estado Mato Grosso, em solos arenosos e de difícil aumento do teor de matéria orgânica têm demonstrado que a inclusão de forrageiras do gênero *Urochoa* sp., com pastejo e adubação tem aumentado a produtividade de soja total por área (PIRES *et al.*, 2021). Denardin *et al.* (2020), mostraram que no Rio Grande do Sul, usando SIPA em terras baixas, a produtividade de soja quando em rotação de cultura com o arroz, e sobre uma área com presença animal no período hibernar não responde a fertilizações de

fósforo e potássio na cultura da soja, pois o sistema já está dinâmico e em um processo ecológico evoluído sobre o ponto de vista de suas sinergias.

Exemplo da complexidade e resiliência dos sistemas que fazem uso de tecnologias de ponta na produção de alimentos, como o sistema plantio direto, a adubação de sistemas, o pastoreio rotatínuo e a integração dos componentes solo-planta-animal é um estudo com mais de 16 anos de avaliação em SIPA, que identifica grande estabilidade produtiva em uma escala de tempo, nos sistemas mais biodiversos (ALBUQUERQUE NUNES *et al.*, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É essencial reconhecer que a agricultura enfrenta desafios críticos, como a necessidade de aumentar a produção de alimentos para uma população global crescente, concomitantemente à preservação do meio ambiente e utilização mais eficiente dos recursos para produção, incluindo os fertilizantes, já que são insumo naturais não renováveis. Neste cenário, a abordagem da adubação de sistemas, que reconhece que os sistemas agrícolas são complexos e dinâmicos, nos quais há a transferência eficiente de nutrientes entre diferentes culturas e componentes do sistema, pode resultar em maior eficiência no uso de nutrientes, redução de custos e impactos ambientais. Ela não apenas melhora a produtividade agrícola, mas também contribui para a sustentabilidade a longo prazo, tornando os sistemas agrícolas mais resilientes e equilibrados. Portanto, é uma estratégia vital para enfrentar os desafios presentes e futuros da agricultura de forma mais eficaz e responsável. No entanto, sua implementação bem-sucedida requer um planejamento criterioso e a consideração de diversos fatores. Por ser algo dinâmico e complexo que exige um olhar holístico do profissional para o planejamento da sua adoção. Espera-se que o leitor desta revisão se posicione criticamente frente ao clássico e errôneo dizer: “não precisa adubar a pastagem porque ela vai usar o efeito residual da adubação da lavoura”. Estudos científicos apontam que a inversão deste dizer estaria mais adequado.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE NUNES, P. A. et al. Livestock integration into soybean systems improves long-term system stability and profits without compromising crop yields. *Scientific reports*, v. 11, n. 1, p. 1–14, 2021.
- ALMEIDA, T. F. et al. Forms and balance of soil potassium from a long-term integrated crop-livestock system in a subtropical Oxisol. *Soil and Tillage Research*, v. 207, p. 104864, 2021.
- ALVES, L. A. et al. Soil acidification and P, K, Ca and Mg budget as affected by sheep grazing and crop rotation in a long-term integrated crop-livestock system in southern Brazil. *Geoderma*, v. 351, p. 197–208, 2019.
- ALVES, L. A. et al. The effect of crop rotation and sheep grazing management on plant production and soil C and N stocks in a long-term integrated crop-livestock system in Southern Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 203, p. 104678, 2020.
- ANDREOLLA, V. R. M. et al. Pastejo e adubação nitrogenada sobre os atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária. *Engenharia Agrícola*, v. 35, n.6, p. 1019-1031, 2015.
- ANGHINONI, I. et al. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. *Synergismus scyentifica UTFPR*, v. 6, n. 2, 2011.
- ANGHINONI, I. et al. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtrópico brasileiro. *Tópicos em ciência do solo*, v. 8, n. 2, p. 325-380, 2013.
- ASSMANN, T. S. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. *Scientia Agraria*, v. 3, n. 1, p. 132, 2002.
- ASSMANN, T. S.; SOARES, A. B. Migrando da adubação de culturas para a adubação de sistemas por meio da Integração Lavoura Pecuária. *Informativo integrar*. Pontal, Terceiro Distrito, Triunfo, RS. n. 15, p. 1-4, 2016.
- ASSMANN, T. S. et al. Adubação de Sistemas em Integração Lavoura-Pecuária. In: *Palestras: intensificação com sustentabilidade*. Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. 2017, p. 67-84, ISBN - 978-85-99584-10-1.
- BATISTA, K. et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, n.10, p. 1154-1160, 2011.
- BERRIA, R. J. M. *Adubação sistêmica e modos de aplicação de fósforo na produtividade de soja*. 2019. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.
- BERNARDON, A. et al. Carryover of N-fertilization from corn to pasture in an integrated crop-livestock system. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 67, n.5, 2021.
- BERTOLAZI, V. T. et al. Impact of an integrated no-till soybean–beef cattle production system on Oxisol mineralogy in southern Brazil. *Applied Clay Science*, v. 149, p. 67-74, 2017.
- BOSSOLANI, J. W. et al. Potassium doses in previous crops and effect on soybean in succession. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 90-94, 2018.
- CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. *Informações Agronômicas*, v. 122, p. 18-21, 2008.
- CARVALHO, P. C. de F. et al. Integração lavoura-pecuária: como aumentar a rentabilidade, otimizar o uso da terra e minimizar os riscos. II *Simpósio da Carne Bovina: Integração Lavoura Pecuária*. Porto Alegre, v. 1, p. 6-36, 2004.

- CARVALHO, P. C. F. et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.88, p.259-273, 2010
- CONGIO, G. F. de S. et al. Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: Ameta-analysis. *Journal of Cleaner Production*, v. 312, 2021.
- COSTA, N. de L. *Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, p.215, 2004.
- COSTA, S.E.V.G.A. et al. Impact of an integrated no-till crop–livestock system on phosphorus distribution, availability and stock. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 190, p. 43-51, 2014.
- DA SILVA, F. D. et al. Pasture grazing intensity and presence or absence of cattle dung input and its relationships to soybean nutrition and yield in integrated crop–livestock systems under no-till. *European Journal of Agronomy*, v. 57, p. 84-91, 2014.
- DENARDIN, L. G. de O. et al. Soybean yield does not rely on mineral fertilizer in rotation with flooded rice under a no-till integrated crop-livestock system. *Agronomy*, v. 10, n. 9, p. 1371, 2020.
- DEIFELD, F. L. C. et al. Grazing height and nitrogen fertilization strategy in black oat/maize succession. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 4, p. 2539-2554, 2021.
- DEISS, L. et al. Soil phosphorus compounds in integrated crop-livestock systems of subtropical Brazil. *Geoderma*, v. 274, p. 88-96, 2016.
- DUBEUX, J. CB; SOLLENBERGER, L. E. Nutrient cycling in grazed pastures. In: *Management strategies for sustainable cattle production in southern pastures*. Academic Press, 2020. p. 59-75.
- ELEJALDE, D. A. G. et al. Produção animal e comportamento ingestivo de bovinos em sistema integrado de produção agropecuária. *Agropecuária Catarinense*, v. 34, n. 3, p. 76-81, 2021.
- FARIAS, G. D. et al. Integrated crop-livestock system with system fertilization approach improves food production and resource-use efficiency in agricultural lands. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 40, p. 1-9, 2020.
- FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 1549-1561, 2008.
- GARCIA, R. A. et al. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. *European Journal of Agronomy*, v. 28, n. 4, p. 579-585, 2008.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G.; LOUARN, G. Quantifying crop responses to nitrogen and avenues to improve nitrogen-use efficiency. In *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy: Second Edition*, p. 161-20, 2015.
- GARCIA, C. M. de P. et al. Decomposição da palhada de forrageiras em função da adubação nitrogenada após o consórcio com milho e produtividade da soja em sucessão. *Bragantia*, v. 73, n. 2, p. 143–152, 2014.
- GUARESCHI, R. F. et al. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lâmina antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 29, n. 4, p. 769-774, 2008.
- HENTZ, P. et al. Ciclagem De Nitrogênio Em Sistemas De Integração Lavoura-Pecuária. *Ciência e Natura*, v. 36, n. 2, p.663-676, 2014.
- LIMA, R. C. *Adubação de sistemas: volatilização de amônia em área de integração lavoura-pecuária em experimento de longa duração*. 2018. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.
- LOPES, V. A. et al. Phosphorus acquisition from phosphate rock by soil cover crops, maize, and a buckwheat–maize cropping system. *Scientia Agricola*, v.79, n.4, 2021.

- LUSTOSA, S. B. C. Efeito do pastejo nas propriedades químicas do solo e no rendimento de soja e milho em rotação com pastagem consorciada de inverno no sistema plantio direto. 1998. 84p. Dissertação (Mestrado)- Curso Pós-Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba,1998.
- MACCARI, M. et al. Relationships between N, P, and K in corn biomass for assessing the carryover effects of winter pasture to corn. *European Journal of Agronomy*, v. 129, p. 126317, 2021.
- MATOS, M. A. et al. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. *Engenharia Agrícola*, v. 26, n. 2, p.493-501, 2006.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. *Relações solo-planta: Bases para a nutrição e produção vegetal*. Editora UFV, 2021.
- MORAES, A. et al. Integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 1, 2002, Pato Branco. *Anais Pato Branco: CEFET-PR*, 2002. p.3-42.
- MORAES, A. et al. Sistemas integrados de produção agropecuária: conceitos básicos e histórico no Brasil. In: SOUZA, E. D.; SILVA, F. D.; ASSMANN, T. S.; CARNEIRO, M. A. C.; CARVALHO, P. C. F.; PAULINO, H. B. (Ed.). *Sistemas integrados de produção agropecuário Brasil*. Tubarão: Copiart, 2018, 692 p.
- NABINGER, C. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. *Simpósio sobre manejo da pastagem*, v. 14, p. 213-251, 1997.
- PIRES, G. C. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of soybean in integrated crop livestock systems with intercropping in the pasture phase. *Rhizosphere*, v. 17, p. 100270, 2021.
- POSSINGER, A. R. et al. Effect of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) on soil-phosphorus availability and organic acids. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v. 176, n. 1, p. 16-18, 2013.
- SOARES, A. B. et al. Produção animal e vegetal em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. III Simpósio de Produção Animal a Pasto, v. 139, 2015.
- SOARES, A. B. et al. Nitrogen and potassium fertilization strategies in integrated systems in different black oat management on corn crop. *Scientia Plena*, v. 18, n. 5, 2023.
- TEBOH, J. M.; FRANZEN, D. W. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) potential to contribute solubilized soil phosphorus to subsequent crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.42, n.13, p.1544-1550, 2011.
- VIEIRA, R. C. B. et al. Potassium Fertilization for Long Term No-Till Crop Rotation in the Central-Southern Region of Paraná, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40. e0150193, 2016
- ZORTÉA, T. Adubação de sistemas: indicadores químicos e biológicos para determinação da ocorrência de " solo saudável" em integração lavoura pecuária. 2021. Tese (Doutorado) - Curso Pós-Graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

ESTIMATIVA DA DIVERSIDADE MORFOAGRONÔMICA DE FEIJÃO (*PHASEOLUS VULGARIS*) ORIUNDOS DE DIFERENTES REGIÕES DO ESPÍRITO SANTO

Amanda Fagundes Zambom

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

Sara de Oliveira Olimpio

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

Thiarly de Abreu Carvalho

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

Bárbara Caetano Ferreira

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

João Pedro Moraes Almeida Campos

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

Vinícius Alves Porto Rodrigues

Universidade Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

João Carlos Júnior Cansian

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

Rafael de Almeida Nunes

Universidade Estadual do Norte Fluminense

José Dias de Souza Neto

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

Monique Moreira Moulin

Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste trabalho se deu na caracterização morfoagronômica de genótipos de feijão-comum oriundos de agricultores familiares coletados na região do Espírito Santo. **Métodos:** A variabilidade fenotípica dos genótipos ocorreu por intermédio de descritores qualitativos. Para a caracterização quantitativa foram analisados caracteres como: comprimento da folha (CF) cm; largura da folha (LF) mm; altura da planta (AP) cm; comprimento da vagem (CVA) mm; largura da vagem (LVA) mm; comprimento do ápice (CAP) mm; número de vagens por planta (NVA); comprimento da semente (CS) mm; altura da semente (AS) mm; largura da semente (LS) mm; número de sementes por vagem (NS) e massa de 100 sementes (P100S) g. **Resultados:** A partir da análise estatística e multivariada para os dados quantitativos e qualitativos foram formados grupos de acordo com suas dissimilaridades. **Conclusão:** Observou-se uma grande variabilidade fenotípica entre os genótipos estudados, as características que apresentaram maior variação entre os grupos foram: forma da semente (FMS) e forma da bractéola (FMBA). Para as características de cunho quantitativo se destacam os caracteres com maior coeficiente de variação: NS (número de sementes) por vagem e NVA (número de vagens). Os resultados obtidos demonstram uma grande variabilidade morfoagronômica entre os genótipos em estudo, evidenciando a importância de sua conservação sabendo que tais características são de interesse para estudos posteriores e para programas de genética e melhoramento de plantas.

Palavras-chave: Agricultura Familiar, *Phaseolus Vulgaris* L., Banco de Germoplasma, Segurança Alimentar, Agrobiodiversidade.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um importante centro de diversidade secundário de feijão, abrigando uma enorme variabilidade de germoplasma, com diferentes formas, cores e tamanhos (GEPTS *et al.*, 1998). O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) possui grande importância econômica, nutricional e cultural em todo o Brasil. O mesmo está dentre as leguminosas mais consumidas no mundo e representa uma importante fonte de proteína e micronutrientes, especialmente para as populações de baixa renda (BROUGHTON *et al.*, 2002), no qual é cultivado predominantemente por agricultores familiares, com baixo nível tecnológico, voltado, sobretudo, para a subsistência das famílias (ELIAS *et al.*, 2021).

Nos últimos anos a produção e o consumo de feijão têm sofrido um declínio em grande parte do país (BARRETO *et al.*, 2021). Produtores têm deixado de plantar feijão por diversas razões, como por exemplo, a escassez de chuva, escassez de mão-de-obra, baixo preço do feijão, falta de área para o cultivo, ocorrência de doenças, entre outras (BELLON; VAN ETTEN, 2014). Esse intenso processo de perda de genótipos, torna iminente a necessidade de priorizar e descrever áreas quanto aos genótipos conservados e propor políticas públicas e planejamento de estratégias de conservação para o estado.

Apesar de existir relativa facilidade em multiplicar populações de feijão-comum, muitos agricultores não possuem o hábito de compartilhar suas sementes com outros produtores, e quando o fazem, ocorre somente com os mais próximos. Por meio desta estratégia, as novas composições genéticas com adaptação específica desenvolvidas pelos agricultores correm sérios riscos de serem perdidas. Isso porque as redes de manejo e conservação dessas valiosas combinações genéticas são frágeis, podendo sofrer perdas pelo mau armazenamento feito em casa e também pelas pragas e doenças dos grãos armazenados. Todos estes fatores podem ser uma séria ameaça para a perda da variabilidade genética da espécie, processo também conhecido como erosão genética (FOWLER; MOONEY, 1990; SOUZA, 2016).

A maior parte da agrobiodiversidade de feijão é conservada *on farm* e assegura aos agricultores familiares autonomia e geração de renda. Outra forma de conservação é a *ex situ*, em bancos de germoplasma como importante iniciativa para resguardar o germoplasma cultivado. (CAHYANINGSIH; BREHM;

MAXTED, 2021). O número de acessos de *Phaseolus vulgaris* conservados em bancos de germoplasmas é baixo e acrescido a esses fatores nos últimos anos a área de plantio e o número de variedades plantadas tem declinado no Brasil e no Espírito Santo, o que pode resultar em uma intensa e irreversível perda da biodiversidade (Embrapa, 2021).

No país existem poucos estudos que retratam como a variabilidade de feijão-comum está sendo mantida *on farm* ou *ex situ*, não havendo informações precisas sobre o estado de conservação da cultura. Para o estado do Espírito Santo, no qual os agricultores familiares são importantes guardiões da biodiversidade é de extrema relevância traçar o perfil dos produtores de feijão, construir o primeiro inventário para cultura local, descrever o estado da conservação *on farm* e *ex situ*, caracterizar o germoplasma, descrever áreas prioritárias de conservação, e propor políticas públicas para valorização da agricultura familiar. Portanto, esse trabalho teve como objetivo coletar e caracterizar via descritores morfoagronômicos acessos de feijão-comum coletados no Estado do Espírito Santo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização morfoagronômica

Foram avaliados 67 genótipos cedidos por agricultores familiares da região do Espírito Santo. O experimento aconteceu no IFES *Campus* de Alegre, na Fazenda Experimental "Caixa D'Água", em Rive, distrito de Alegre, mais precisamente no setor de Silvicultura da Instituição. Segundo classificação de Köppen, o ambiente de estudo é classificado como clima subtropical úmido, apresentando temperatura média de 23,1 °C e precipitação anual próxima de 1.341 mm (LIMA *et al.*, 2008).

Para instalação do experimento, utilizou-se Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) com três repetições, de modo que a unidade experimental foi composta por uma linha simples com cinco plantas, totalizando 1005 plantas, apresentando um espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,50 m entre plantas. Os tratos culturais e o controle de pragas e doenças foram realizados

seguindo as recomendações propostas por Carneiro, Paula Júnior e Borém (2015) para a cultura do feijoeiro.

Os caracteres quantitativos foram avaliados em três plantas por acesso e, sempre que possível, com 10 medidas por repetição. Utilizados 12 caracteres quantitativos: comprimento da folha (CF) - aferido com régua em cm; largura da folha (LF) - aferido com paquímetro digital em mm; altura da planta (AP) - aferido com régua em cm ; comprimento da vagem (CVA) - aferido com paquímetro digital em mm; largura da vagem (LVA); comprimento do ápice (CAP) - aferido com paquímetro digital em mm; número de vagens por planta (NVA) - obtido pela contagem das vagens; comprimento da semente (CS) - aferido com paquímetro digital em mm; altura da semente (AS) - aferido com paquímetro digital em mm; largura da semente (LS) - aferido com paquímetro digital; número de sementes por vagem (NS) - obtido pela contagem das sementes de cada vagem e massa de 100 sementes (P100S) - aferido com balança digital.

Já para a análise qualitativa foram avaliados 18 descritores qualitativos, a saber: cor do estandarte (CRE); Forma do folíolo (FMF); Hábito de crescimento (HCE); Antocianina no caule (ATCL); Cor da vagem seca (CRVA); Orientação do ápice da vagem (OAP); Relação do comprimento bractéola/cálice (RCABA); Posição do ápice da vagem (PSAP); Cor predominante na semente (CRPRT); Cor secundária do tegumento (CRSCT); Padrão do tegumento (PAT); Brilho da semente (BS) e, Forma da semente (FMS); Cor da vagem seca (CRVA). Todos esses descritores avaliados seguiram o protocolo descrito para *Phaseolus vulgaris* (IBPGRI, 1982), que apresenta as variações e escalas para cada característica mencionada.

Análise estatística e multivariada para os dados qualitativos e quantitativos

Para análise estatística, os dados das variáveis quantitativas foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro - Wilk e ao teste de O'neil e Mathews ao nível de significância de 5%. Em seguida, submeteu - se os dados à análise de variância (ANOVA) pelo teste F ao nível de significância de 1%. Após identificação de efeitos significativos para a fonte de variação de genótipos, realizou o agrupamento de médias pelo algoritmo de Scott e Knott ao nível de significância de 1%.

Para a análise multivariada de agrupamento referente aos dados quantitativos estimou-se correlações lineares de Pearson e contribuição relativa dos caracteres para seleção de variáveis de maior interesse no estudo de variabilidade. Estimou-se também a matriz de distância de Mahalanobis entre os acessos. A partir da matriz de distâncias, os acessos foram agrupados pelo método *Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic mean* (UPGMA).

Para a análise multivariada de agrupamento referente aos dados qualitativos foi realizada a correlação linear de Spearman. Estabeleceu-se a matriz de distância de Gower e o agrupamento pelo método UPGMA. Após essas análises se formou uma única matriz de distância de Gower com os caracteres quantitativos e qualitativos e então agrupados pelo UPGMA. As análises foram conduzidas com auxílio do programa R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS

Para a análise multivariada de agrupamento referentes aos dados quantitativos, foram estimadas correlações lineares de Pearson (dados não apresentados) e contribuição relativa dos caracteres para seleção de variáveis de maior interesse no estudo de variabilidade. A partir dos caracteres CF, AP, CVA, LVA, NVA, LS, NS e P100S foi estimada a matriz de distância de Mahalanobis entre os acessos. A partir da matriz de distâncias, os acessos foram agrupados pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA).

Tabela 1. Análise de Variância para 12 caracteres morfoagronômicos avaliados em 67 acessos de feijoeiro comum, coletados no estado do Espírito Santo.

Quadrado Médio					
Caracteres	Genótipo	Bloco	Resíduo	Média	CV
CF (cm)	6.05 **	1.04	1.0382	12.19	8.36%
LF (cm)	3.66 **	0.02	0.3786	8.57	7.18%
AP (cm)	180.42 **	18.17	12.597	50.27	7.06%
CVA (mm)	186.59 **	55.31	27.066	98.30	5.29%
LVA (mm)	2.86 **	0.21	0.28848	11.09	4.84%
CAP (mm)	46.92 **	3.10	0.85	10.57	8.72%
NVA (und)	42.38 **	0.94	2.567	9.17	17.48%
CS (mm)	9.03 **	1.55	0.1825	11.57	3.69%
AS (mm)	1.35 **	0.05	0.03812	4.98	3.92%
LS (mm)	1.50 **	0.04	0.08163	6.48	4.41%
NS (und)	2.07 **	0.71	0.38812	4.98	12.52%
P100S (g)	89.05 **	2.73	1.671	21.43	6.03%

** efeitos estatisticamente significativos ao nível de 1% de significância de acordo com o teste F. CF – comprimento de folha; LF – largura de folha; AP – altura de planta; CVA – comprimento de vagem; LVA – largura de vagem; CAP – comprimento do ápice; NVA – número de vagens; CS – comprimento de semente; AS – altura (ou espessura) de semente; LS – largura de semente; NS – número de sementes por vagem; P100S – massa de 100 sementes.

As médias das características avaliadas para todos os genótipos de feijão foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade e são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2. Agrupamento de médias entre 67 acessos de feijoeiro comum para 12 diferentes caracteres morfoagronômicos.

Acessos	CF	LF	AP	CVA	LVA	CAP	NVA	CS	AS	LS	NS	P100S
1	12,75b	9,81b	51,25e	91,82c	10,93c	26,41a	2,96f	16,15f	6,21b	8,13a	5,17b	29,56c
2	11,71c	7,10d	47,96e	74,25e	13,00a	10,50f	8,67d	8,99h	5,65c	7,35b	4,04d	19,60f
3	12,73b	8,27c	43,67f	99,66b	11,66b	18,40b	7,83d	13,93c	5,87c	7,08c	5,58b	30,57c
4	10,54d	8,44c	58,96c	98,21c	10,72c	9,79f	5,92e	11,21e	5,95b	6,54d	6,83a	17,74g
5	14,50a	11,15a	41,63f	99,68b	10,40d	12,24e	7,33d	10,41f	5,55d	7,11c	4,25d	24,47e
6	14,42a	9,19b	43,96f	117,32a	12,10b	19,98b	5,21e	12,08e	4,93e	5,60f	5,96b	25,60d
7	14,08a	7,40d	46,38e	101,10b	10,24d	8,26g	12,38c	11,13f	4,69f	6,16e	4,42c	23,99e
8	10,44d	6,65d	51,88e	97,00c	12,11b	9,33f	16,07b	11,65e	5,03e	6,55d	6,38a	20,15f
9	12,79b	8,02c	58,96c	107,53a	12,75a	19,12b	3,75f	13,74c	5,09e	7,40b	3,38d	25,11d
10	13,58b	9,21b	45,54f	105,32b	10,87c	8,05g	4,50e	10,70f	4,43g	6,24e	4,42c	17,44g
12	13,27b	8,90b	57,50c	96,15c	12,33b	9,10f	9,75c	11,29e	4,18g	5,65f	5,42b	19,43f
13	12,75b	8,38c	47,21e	96,68 c	11,98b	14,58d	3,96f	14,16c	5,50d	6,86c	4,17d	27,53d
14	12,54b	8,48c	51,38e	99,50b	10,73c	8,55g	10,42c	12,56d	5,35d	6,92c	5,42b	24,40e

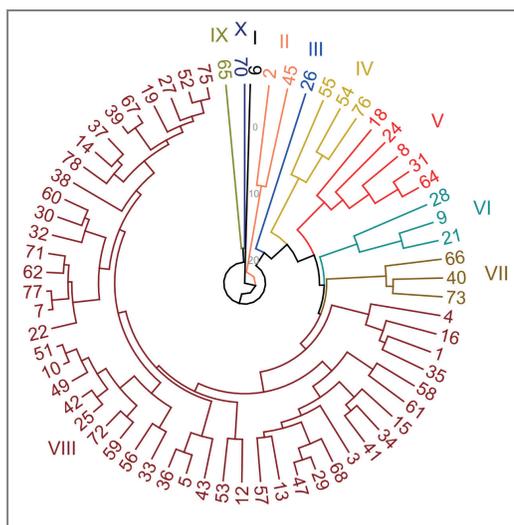
Acessos	CF	LF	AP	CVA	LVA	CAP	NVA	CS	AS	LS	NS	P100S
15	10,56d	8,02c	37,50g	93,99c	10,54c	13,75d	10,32c	9,88g	4,04h	5,37f	5,54b	13,96i
16	11,94c	8,13c	48,00e	93,45c	10,90c	9,17f	7,17d	16,09b	6,62a	8,10a	6,00b	20,23f
18	11,04c	8,04c	75,21a	117,15a	11,41c	10,57f	8,17d	10,68f	4,34g	6,20e	6,04b	19,55f
19	12,38b	7,04d	50,42e	112,40a	11,70b	8,66g	9,38c	11,08f	5,11e	6,49d	5,21b	20,05f
21	12,17c	7,96c	55,28d	103,83b	12,86a	10,63f	11,08c	10,72f	5,54d	6,79c	3,21d	24,02e
22	14,63a	10,44a	52,08e	95,75c	10,60c	8,88g	12,21c	10,12g	3,94h	5,53f	5,25b	18,14g
24	11,00c	7,79c	70,21a	104,81b	13,43a	7,75g	8,46d	10,57f	4,16g	5,76f	6,04b	16,01h
25	12,88b	8,96b	48,33e	99,64b	11,29c	9,38f	9,50c	10,89f	4,25g	5,91e	4,96c	18,38g
26	10,56d	8,46d	48,75e	94,04 c	10,93 c	9,00f	23,54a	10,78f	4,26g	6,34 e	4,83 c	17,72 g
27	13,50b	8,00c	42,46f	105,65b	10,56c	8,13 g	10,19cc	11,63 e	5,03ee	6,58 e	4,96c	22,98e
28	11,13c	9,71b	67,29b	105,77b	10,63c	7,60g	6,92d	13,26c	5,84c	5,74f	3,67d	16,78f
29	10,54d	5,90d	43,63f	91,61c	11,64c	7,56g	5,63e	11,24e	4,81e	6,60d	5,04b	20,65f
30	12,60b	7,98c	53,96d	93,04c	9,80d	6,17h	8,54h	9,80g	4,39 g	6,23e	4,88 c	18,01e
31	11,21c	8,33c	56,92d	112,93a	12,23b	9,45f	12,21c	11,86e	4,89 e	7,03c	5,17b	21,29f
32	12,35b	8,79c	63,96	99,56b	10,92c	9,23f	10,63c	11,58e	4,84f	6,71d	4,83c	23,07e
33	11,71c	9,48b	60,29c	96,75c	11,11c	10,02f	4,38e	10,45f	4,10h	5,91e	4,63c	18,83g
34	10,19d	7,90c	53,29d	97,02c	11,25c	6,86h	8,58d	9,13h	5,03e	5,35e	4,83c	16,48h
35	11,83c	8,13c	43,96f	84,71d	9,49d	13,10e	7,42d	11,96e	5,36d	7,13c	5,54b	21,28f
36	13,54b	9,27b	44,04f	100,95b	11,2c	16,56c	6,21d	12,8d	6,25b	7,62b	4,67c	26,41 d
37	12,04c	8,52c	49,67e	93,00c	10,51c	6,68h	15,08b	11,66e	5,43d	6,39e	5,42b	19,82f
38	12,04c	10,90a	39,17g	97,48c	10,15d	9,38f	14,75b	12,85d	5,60c	6,84c	4,79c	15,21i
39	13,33b	7,73c	46,71e	98,86b	11,38c	5,59h	11,13c	10,96f	4,94e	6,66d	5,00c	19,66f
40	8,79d	9,10b	55,38d	86,80d	10,06d	11,63e	8,25d	10,10g	4,70f	6,05e	4,42c	16,79h
41	11,90c	7,60c	47,71e	96,27c	10,47c	7,49g	10,50c	8,98h	3,53i	5,10f	5,67b	19,27f
42	13,38b	9,32b	54,38d	100,67b	11,48b	8,29g	7,58d	9,20h	3,95h	5,50f	5,00c	14,74i
43	14,98a	10,92a	43,04f	107,59a	9,78d	17,20c	6,00e	17,53a	5,45d	7,93a	4,25d	33,32b
45	12,50b	8,48c	34,38g	92,30c	13,59a	14,92d	6,33d	13,31c	6,47a	7,91a	4,00d	28,58c
47	9,96d	7,54c	44,79f	89,53d	10,61c	8,62g	5,17e	9,66g	4,93e	6,05e	5,63b	17,34g
49	11,96c	8,98b	45,21f	100,22b	10,73c	10,16f	7,75d	10,68f	4,51g	6,12e	5,17b	15,52h
51	13,02b	8,33c	47,92e	103,86b	10,78c	9,76f	4,46e	10,12g	4,35g	5,76f	4,96c	13,37i
52	11,65c	8,00c	47,71e	102,37b	10,93c	9,32f	12,63c	10,58f	4,09h	6,60d	5,25b	18,57g
53	15,13a	11,21a	54,00d	105,60b	12,62a	15,57d	11,07c	11,32e	5,37d	6,98c	4,42c	29,98c
54	12,75b	9,38b	46,25e	112,75a	10,74c	16,53c	11,71c	13,07d	5,60c	6,97c	4,04d	30,79c
55	13,04b	7,79c	43,79f	99,86b	12,23b	18,79b	16,08b	13,05d	4,99e	7,13c	3,63d	37,30a
56	10,38d	9,52b	55,32d	97,25c	11,30c	9,93f	1,92f	11,13f	5,04e	6,66d	4,46c	16,90h
57	11,13c	7,90c	44,38f	96,49c	12,40b	9,57f	10,32c	11,21e	5,02e	6,44d	4,79c	19,92f
58	11,50c	8,67c	48,54e	81,86d	10,72c	6,91h	10,67c	9,38h	4,97e	5,88e	5,46b	19,48f
59	12,08c	9,00b	54,38d	93,35c	10,67c	7,81g	5,46e	10,10g	4,69f	5,74f	5,75b	14,87i
60	12,27b	9,40b	53,83d	94,48c	10,08d	9,64f	9,50c	12,91d	4,87e	6,74d	3,83d	25,69d
61	10,48d	7,63c	57,42c	88,19d	12,10b	11,73e	11,71c	12,38d	4,65f	5,79f	5,63b	24,19e
62	12,77b	8,02c	44,83f	88,13d	10,15d	7,23h	13,88b	10,31g	4,35g	5,94e	4,92c	18,93g
64	11,83c	8,48c	61,46c	109,18a	12,37b	9,13f	13,71b	10,30g	4,35g	6,85c	5,58b	24,21e

Acessos	CF	LF	AP	CVA	LVA	CAP	NVA	CS	AS	LS	NS	P100S
65	12,54b	11,15a	54,38d	83,26d	9,01d	8,49g	5,75e	12,37d	5,34d	5,63f	7,38a	21,00f
66	10,10d	7,69c	44,17f	97,88c	10,08d	8,35g	9,25d	12,98d	5,55d	7,62b	4,25d	26,27d
67	13,46b	9,27b	49,9e	100,27b	11,91b	9,63f	10,46c	10,82f	4,56f	6,58d	5,63b	17,36g
68	10,79d	8,19c	42,21f	93,01c	9,93d	8,43g	7,42d	10,70f	5,73c	6,58d	5,79b	19,47f
70	15,71a	10,66a	62,19c	93,90c	10,71c	8,64g	2,96f	13,55c	5,31d	6,92c	4,21d	29,51c
71	12,46b	8,85b	48,13e	93,27c	10,64c	8,16g	11,42c	10,75f	4,41g	5,48f	4,83c	19,43f
72	11,75c	8,21c	60,32c	99,04b	11,03c	7,81g	7,46d	9,21h	4,08h	5,68f	5,79b	10,04j
73	8,94d	7,50c	41,67f	96,55c	9,88d	6,89h	8,21d	10,50f	5,05e	6,42d	3,42d	18,65g
75	11,50c	8,08c	46,25e	100,90b	9,75d	8,45g	11,57c	13,50c	4,67f	6,52d	5,25b	17,66g
76	11,77c	6,77d	41,54f	103,84b	10,10d	16,81c	7,83d	13,84c	5,55d	6,87c	3,38c	35,95a
77	13,42b	8,44c	50,21e	101,7b	10,39d	8,37g	12,75c	10,71f	4,30g	5,89e	4,79c	21,03f
78	13,44b	7,60c	44,58f	99,48b	11,23c	9,65f	14,19b	12,62 d	5,98b	7,17c	5,96b	25,89d

Médias seguidas de mesma letra na coluna, indicam grupos de acessos similares. CF – comprimento de folha; LF – largura de folha; AP – altura de planta; CVA – comprimento de vagem; LVA – largura de vagem; CAP – comprimento do ápice; NVA – número de vagens; CS – comprimento de semente; AS – altura (ou espessura) de semente; LS – largura de semente; NS – número de sementes por vagem; P100S – massa de 100 sementes.

Os acessos foram agrupados de acordo com a sua dissimilaridade, totalizando 10 grupos conforme indicado na figura 1.

Figura 1. Dendrograma de dissimilaridade entre 67 acessos de feijoeiro comum para oito caracteres quantitativos. Distância de Mahalanobis; agrupado pelo método UPGMA (correlação cofenética = 0,72).

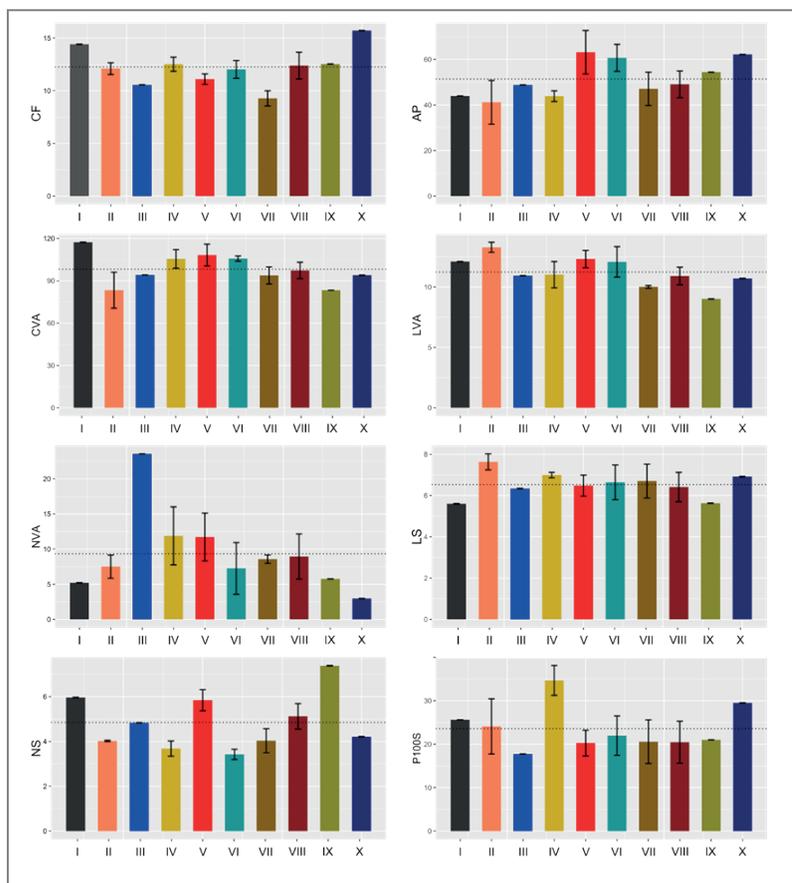


Fonte: Autores (2023).

Com método de agrupamento UPGMA com correlação cofenética de 0,72, foi possível identificar dez grupos distintos formados para os caracteres CF, AP, CVA, LVA, NVA, LS, NS e P100S. O grupo I, III, IX e X foi composto por um acesso cada, sendo os mais divergentes entre os acessos, já o grupo II, apresentou dois acessos similares (BGI 2 e BGI 45). Os grupos IV, VI e VII, foram compostos respectivamente, por três acessos similares, como demonstrado na figura 1.

A figura 1.2 apresenta o agrupamento dos acessos considerando a dissimilaridade de acordo com os caracteres quantitativos.

FIGURA 1.2. Médias e desvio padrão para caracteres quantitativos de feijoeiro considerando os grupos de dissimilaridade formados.



Linha pontilhada indica a média geral para a característica.

Fonte: Autores (2023).

Quanto ao comprimento de folha (CF), sete genótipos (5, 6, 7, 22, 43, 53, 70) apresentaram valores médios maiores, variando de 14 a 16 cm, o que corresponde a apenas 10% dos genótipos estudados, os demais 90% exibiram comprimentos menores que 14 cm.

A análise do gráfico de médias (figura 1.2A) revelou que os grupos I, IV, VIII, IX e X mostraram as maiores diferenças entre os acessos. O grupo X (acesso BGI 70) apresentou a maior discrepância em relação à altura (AP). No que se refere à largura de folha (LF), os maiores valores médios foram encontrados nos acessos BGI 5, BGI 22, BGI 38, BGI 43, BGI 53, BGI 65 e BGI 70 (10,44 a 11,21 cm), pertencentes ao grupo VIII. Cerca de 80% dos acessos tiveram valores médios de largura entre 8 e 10 cm. Em contraste, os acessos BGI 2, BGI 7, BGI 8, BGI 19, BGI 29 e BGI 76 apresentaram as menores medidas de largura de folha nos feijões. Essa variação pode estar relacionada à diversidade genética das plantas, manifestando-se em diferentes comportamentos e características.

Entre os grupos V, VI, IX e X, houve uma variação significativa na altura das plantas, (figura 1.2B). Os acessos BGI 18 e BGI 24 apresentaram as maiores alturas, com 75,2 e 60,2 cm, respectivamente. Já as plantas mais baixas variaram entre 34 e 39,2 cm.

No que diz respeito às vagens, os comprimentos mais expressivos (CVA) variaram de 10,75 a 11,76 cm nos acessos BGI 6, BGI 9, BGI 18, BGI 19, BGI 31, BGI 43, BGI 54 e BGI 64. Apenas um dos genótipos obteve um valor de 7,43 cm, representando o menor comprimento de vagem, sendo ele o BGI 2. Os grupos em que mais houveram variações foram os grupos I, IV, V e VI, expressos na figura 1.2C. As vagens com maiores larguras (LVA) foram as dos acessos BGI 2, BGI 9, BGI 21, BGI 24 e BGI 53. As menores larguras estão presentes nos grupos IV, VII, VIII e IX (9,0 a 10,4 cm). No qual, a maior variação de valores dentro dos grupos ocorreu no I, II, V e VI (Figura 1.2D).

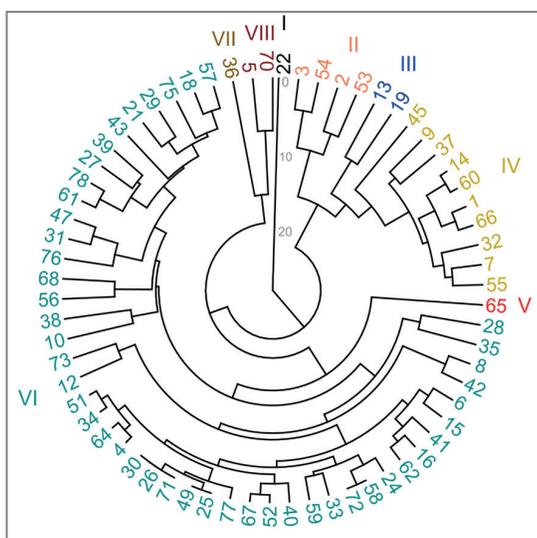
Os grupos IV, VIII e IX foram os que obtiveram maiores variações de dissimilaridade de números de sementes em suas vagens. Para a característica de comprimento da semente (CS) o maior valor foi de 23,54 cm, no acesso BGI 26. Os menores variaram 1,92 e 3,75 mm, (BGI 1, BGI 9, BGI 13 e BGI 56).

Já para a largura da semente (LS) os maiores valores foram dos acessos BGI 1, BGI 43 e BGI 45. Os grupos I, V, VI, VIII e IX foram os que obtiveram menores larguras (entre 5,1 a 5,75 mm) apresentando média geral de 9,17 mm (tabela 2).

A maior fonte de variação em relação ao peso de 100 sementes encontra-se dentro do grupo VIII com valores médios de 10,04 g. O grupo III se destacou por apresentar a maior média em relação ao número de vagens por planta sendo de 23,54 und. (tabela 1), entretanto, nota-se que esta característica foi a que menos contribuiu para o agrupamento dos genótipos em estudo.

A partir das avaliações também foi possível agrupar os 67 acessos de acordo com suas dissimilaridades avaliando as características qualitativas, dividindo os acessos do feijoeiro em 8 grupos apresentados pelo dendrograma (figura 2) com as informações obtidas na análise.

Figura 2. Dendrograma de dissimilaridade entre 67 acessos de feijoeiro comum para nove caracteres qualitativos. Distância de Gower; agrupamento pelo método UPGMA (correlação cofenética = 0,86).



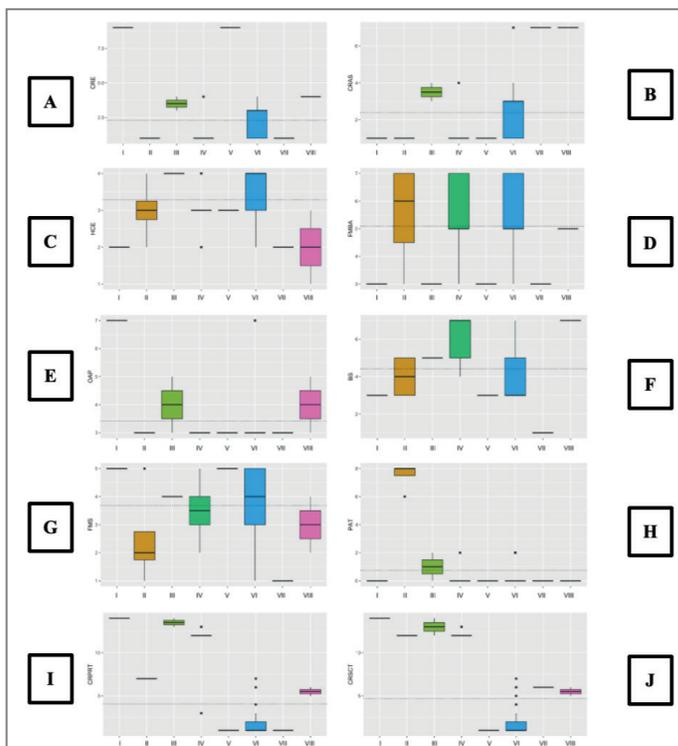
Fonte: Autores (2023).

Foi possível constatar uma ampla variabilidade fenotípica entre os acessos coletados, com diferentes formatos, tamanhos e cores para os feijões. Ao observar o dendrograma, foi possível notar a formação de grupos compostos por apenas um acesso, sendo eles os grupos I, V e VII.

A coloração roxa no estandarte foi identificada em apenas dois desses grupos (figura 2.1A), mais precisamente nos genótipos BGI 22 e BGI 65, o que nos indica uma baixa variação na diversidade da cor do estandarte entre os acessos do BGI. Portanto, essa característica não é um bom indicador de

dissimilaridade entre os acessos, pois não representa um agrupamento padrão para a cor do estandarte. No entanto, esses grupos se diferenciam pela cor secundária do tegumento.

Figura 2.1. Boxplot com distribuição dos valores discretos para as variáveis qualitativas em genótipos de feijoeiro de acordo com os grupos de dissimilaridade considerando apenas os dados qualitativos.



(A) cor do estandarte; (B) cor da asa; (C) hábito de crescimento; (D) forma da bractéola; (E) orientação do ápice da vagem; (F) brilho da semente; (G) forma da semente; (H) padrão do tegumento; (I) cor primária do tegumento; (J) cor secundária do tegumento.

Fonte: Autores (2023).

O genótipo BGI 2 se destacou por ser o único a apresentar o padrão de tegumento marginal. Também foi observada a ausência de variação nos padrões de tegumento na maioria dos indivíduos estudados. A diversidade do padrão de tegumento foi identificada apenas nos grupos II e III conforme indicado na figura 2.1H, onde foram encontrados os padrões listrado e bicolor. Os demais grupos não apresentaram um padrão de tegumento, sendo classificados como padrão de tegumento ausente.

Com os dados obtidos foi possível identificar cinco padrões distintos de forma da semente. A forma predominante foi a alongada e truncada, encontrada em 26 variedades, representando 38% da população total. A forma cuboide foi observada em 28% dos acessos, enquanto a reniforme foi encontrada em 9% deles. Além disso, 12% dos acessos apresentaram forma oval, e apenas 6% exibiram a forma redonda, especificamente nos indivíduos BGI 68, BGI 56, BGI 36 e BGI 2. Verificou-se que a maior variação nesse caráter foi encontrada no grupo VI, conforme indicado na figura 2.1G.

A cor primária predominante do tegumento entre os acessos foi a cor preta, encontrada em 31 genótipos. Além disso, foram identificados 11 genótipos com coloração variando do castanho claro ao escuro, 7 genótipos com coloração vermelha, 5 genótipos com coloração branca pura e apenas 3 genótipos com coloração castanho avermelhado.

No grupo III (BGI 13 e BGI 19), foram observadas semelhanças entre os acessos em quatro características: hábito de crescimento, forma da bractéola, brilho da semente e forma da semente. No entanto, a característica que mais se destaca nesse grupo é a orientação do ápice da semente. Essa característica também é semelhante ao grupo VII (BGI 70 e BGI 5), que apresenta uma variabilidade para essa mesma característica em uma proporção semelhante, conforme representado na figura 2.1E.

O brilho opaco da semente, também conhecido como brilho baço, foi encontrado em 29 indivíduos do Banco de Germoplasma IFES. Durante a análise do brilho da semente, foi observada uma variação significativa entre os grupos II, V e VI (figura 2.1F), que representam cerca de 90% da população total estudada, totalizando 60 indivíduos. Esses grupos apresentam um claro agrupamento em relação a essa característica no dendrograma, indicando que o brilho da semente foi um dos principais fatores responsáveis pela formação desses grupos.

Em relação à característica da cor da asa, foi observada uma diversidade de cores, incluindo branca, lilás, branca raiada de carmim e lilás com nervação lilás escuro. Dos indivíduos estudados, 32 apresentaram a cor da asa branca, representando 48% da população total. Os grupos I, II, VII e VIII não mostraram uma variação significativa nessa característica, sendo a maior parte da variação de coloração observada nos grupos III e VI.

A cultivar identificada como BGI 5 foi a única a apresentar o hábito de crescimento determinado arbustivo, 30 genótipos apresentaram um crescimento indeterminado trepadeira, 27 indeterminado semi-trepadeira/prostrada (com muitas guias laterais) e 9 indeterminada arbustiva (com uma guia central).

Dentre as formas de bractéolas descritas, foi identificada a presença dos três padrões (lanceolada, intermédia e ovada) no Banco de Germoplasma IFES. O grupo dois se destacou pela maior diversidade de formas, apresentando os três padrões distintos.

A cor primária predominante do tegumento entre os acessos foi a preta, encontrada em 31 genótipos. Além disso, foram identificados 11 genótipos com coloração variando do castanho claro ao escuro, 7 genótipos com coloração vermelha, 5 genótipos com coloração branca pura e apenas 3 genótipos com coloração castanho avermelhado.

DISCUSSÃO

Descrever morfológicamente genótipos presentes em Bancos Ativos de Germoplasma (BAG) é um dos métodos de menor custo e eficiência para o estudo da diversidade genética vegetal. Além disso, a caracterização morfológica permite a redução das duplicatas presentes nos BAGs, distinção de materiais vegetais de maior importância e uso consciente dos recursos genéticos (MUSANGO *et al.*, 2016).

A seleção de cultivares com alto potencial genético é de suma importância para aumentar a disponibilidade de sementes de qualidade, especialmente para pequenos agricultores (SILVEIRA *et al.*, 2019). Nesse contexto, a análise dos genótipos locais de feijão-comum revelou uma notável diversidade fenotípica, tornando esses acessos fontes valiosas de características de interesse para os programas de melhoramento genético do feijoeiro.

A diversidade observada nos formatos das sementes é particularmente relevante, uma vez que o formato oval é o mais aceito entre os consumidores, enquanto grãos com forma achatada tendem a ser mais rejeitados. Essa informação é de grande importância para o desenvolvimento de cultivares que atendam às preferências dos consumidores e, assim, possam aumentar sua aceitação no mercado (RAMALHO; ABREU; CARNEIRO, 2004).

A cor das sementes também representa um desafio para o melhoramento genético, conforme destacado por Ramalho, Abreu e Carneiro (2004), que menciona a identificação de 18 genes relacionados a essa característica. Essa complexidade genética evidencia as dificuldades em obter linhagens com cores que atendam aos anseios dos consumidores. Além disso, o brilho opaco foi predominante entre os grãos estudados, e a baixa variabilidade de brilho da semente entre os genótipos pode estar associada a uma má qualidade da cultivar em relação ao cozimento, influenciada pelo gene Asp que altera a estrutura do tegumento e dificulta a absorção de água (RAMALHO; ABREU; CARNEIRO, 2004).

Outro dado relevante nos programas de melhoramento genético é o hábito de crescimento, pois a partir dessa característica é possível identificar outras características de interesse no meio (SEBIM, 2014). A análise dos genótipos permitiu notar agrupamentos com base nessa característica, fornecendo informações valiosas para o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes ambientes.

É importante ressaltar que a cor do estandarte foi a variável que menos contribuiu para o agrupamento dos genótipos. Isso indica que, embora seja uma característica marcante no feijão-comum, outros atributos podem ser mais relevantes para determinar a diversidade entre os acessos. Nesse contexto, a seleção criteriosa das características a serem estudadas e valorizadas é essencial para o sucesso desses programas (CELIN, 2011).

CONCLUSÃO

A caracterização morfoagronômica foi eficiente para estimar a variabilidade entre os acessos, evidenciando uma considerável divergência, sendo uma ferramenta essencial para o conhecimento e melhor uso dos acessos. Em relação às análises qualitativas e quantitativas, observou-se que há uma distinção entre os acessos, embora a confirmação dessa divergência requiera uma análise molecular mais aprofundada.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, N. M. B. *et al.* Organic black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from Rio de Janeiro state, Brazil, present more phenolic compounds and better nutritional profile than nonorganic. *Foods*. v. 10, n. 4, p. 900, 2021.
- BELLON, M. R.; VAN ETTEN, J. Climate change and on-farm conservation of crop landraces in centres of diversity. *Plant genetic resources and climate change*. p. 137-150, 2014.
- BROUGHTON, W. J. *et al.* Beans (*Phaseolus* spp.)—model food legumes. *Plant and soil*. v. 252, p. 55-128, 2003.
- CAHYANINGSIH, R; BREHM, J. M; MAXTED, N. Gap analysis of Indonesian priority medicinal plant species as part of their conservation planning. *Global Ecology and Conservation*. v. 26, p. e01459, 2021.
- CARNEIRO, J. E. de S.; PAULA JÚNIOR, T. J de; BORÉM, A. Feijão: do plantio à colheita. UFV. Viçosa, v. 410, p. 384, 2015.
- CELIN, E. F. Caracterização morfoagronômica de acessos do banco ativo de germoplasma de feijão da UFV. 56 f. Dissertação (Mestrado em Genética animal; Genética molecular e de microrganismos; Genética quantitativa; Genética vegetal; Me) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- ELIAS, J. C. F. *et al.* Genome-environment association analysis for bio-climatic variables in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) from Brazil. *Plants*, v. 10, n. 8, p. 1572, 2021.
- EMBRAPA. 2021. Alelo Platform of Genetic Resources. Accessed June 21, 2021. <http://alelobag.cenargen.embrapa.br/AleloConsultas/Passaporte/index.do>.
- FOWLER, C; MOONEY, P. R. *Shattering: food, politics, and the loss of genetic diversity*. University of Arizona Press, 1990.
- GEPTS, P. Origin and evolution of common bean: past events and recent trends. *HortScience*. v. 33, p.1124-1130, 1998.
- IBPGRI. Descriptors for *Phaseolus vulgaris*. 1. ed. Rome: International Board for Plant Genetic Resources Institute, 1982. v. 81
- LIMA, J. S. D. S. *et al.* Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre - ES. *Revista Ciência Agronômica*. v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.
- MUSANGO, R. *et al.* Phenotypic characterization of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) accessions conserved at the genetic resources and biotechnology institute. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. v. 8, n. 6, p. 26-36, 2016.
- R CORE TEAM *et al.* R: A language and environment for statistical computing. *r foundation for statistical computing* (Vienna, Austria: R Development Core Team). 2021.
- RAMALHO, M. A. P; ABREU, A.; CARNEIRO, J. E. S.. *Cultivares*. 2004.
- SEBIM, D. E. Diversidade genética e morfológica de populações de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- SILVEIRA, D. C. *et al.* Diversidade genética de acessos de feijão crioulo na região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*. v. 25, n. 1/2, p. 133-146, 2019.
- SOUZA, S.M.S. Variabilidade morfoagronômica de variedades tradicionais de feijão-caupi do acre. Dissertação (Mestrado) - Curso de Área de Concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal do Acre. Rio Branco, p. 69, 2016.

INSETICIDAS INFLUENCIANDO O CRESCIMENTO VEGETATIVO DO CAFEIRO (*COFFEA ARABICA* L.)

Adélio Barbosa Teixeira
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Luciana de Paula Cruz
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Maria Gabrielle da Silva
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Lariça Ferreira Silva
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Maria Elisa Sena Fernandes
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Marcela Martins de Assis
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Flávio Lemes Fernandes
Universidade Federal de Viçosa (UFV)

RESUMO

Objetivo: Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência da aplicação de inseticidas à base de diamidas antranílicas no crescimento vegetativo do cafeeiro.

Métodos: Este estudo foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial triplo 2x5x4 (duas variedades, cinco tratamentos e quatro datas) com 4 repetições. As duas variedades foram Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon. Os tratamentos consistiram em: aplicação de clorantraniliprole 350 WG, ciantraniliprole 100 OD, clorantraniliprole 4,5% m/v + abamectina 1,8 % m/v, tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v e tetemunha. As datas de avaliação foram aos 0, 30, 60 e 90 DAA (dias após a aplicação). As variáveis avaliadas foram: comprimento e largura de folhas, comprimento de ramos e altura de plantas, diâmetro na inserção do solo e número de folhas. **Resultados:** O inseticida clorantraniliprole 4,5% m/v + abamectina 1,8 % m/v estimulou a emissão de folhas na variedade Catuaí Vermelho IAC 144. O inseticida tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v estimulou a emissão de folhas na variedade Bourbon além de apresentar efeito no aumento de área foliar para ambas as variedades. Todos os inseticidas estudados influenciaram positivamente a variável comprimento de ramos para a variedade Catuaí Vermelho IAC 144. **Conclusão:** Existe influência da aplicação de inseticidas sobre algumas variáveis de crescimento do cafeeiro e esta varia em função da variedade.

Palavras-chave: Cafeeiro, *Coffea Arabica L.*, Inseticidas, Diamidas, Crescimento Vegetativo.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café (*coffea arabica L.*) do mundo. A atividade da cafeicultura é bastante dispersa por todo o território nacional, sendo o estado de Minas Gerais o estado com maior área cultivada (1.002.289 hectares) e a maior produção (26,8 milhões de sacas beneficiadas) (IBGE, 2021.)

As pragas e doenças são os principais agentes causadores de perdas na cafeicultura. As principais pragas do cafeeiro são: broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolitidae); ácaros (vermelho, *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) e, da mancha anelar, *Brevipalpus phoenicis*) (Acari: Tetranychidae), e o bicho-mineiro-do-cafeeiro *Leucoptera coffeella* (Guerin Meneville, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) (EMBRAPA, 2009).

A broca-do-café é uma praga que tem preocupado os produtores e ameaçado a lucratividade da cafeicultura. Principalmente, pela falta de inseticidas eficientes no manejo da broca, uma vez que o inseticida mais utilizado (endossulfan) foi proibido de ser comercializado no Brasil (BRASIL, 2010), devido ser extremamente tóxico ao homem e altamente perigoso ao meio ambiente (NAQVI; VAISHNAVI, 1993).

Neste contexto, surgiram as diamidas antranílicas (clorantraniliprole e cyantraniliprole) classificadas no grupo 28 (IRAC, 2018) que apresentam alta eficiência de controle tanto para o bicho-mineiro-do-cafeeiro quanto para a broca-do-café (SOUZA *et al.*, 2013; MATIELLO *et al.*, 2015). Além do controle destas pragas, tem sido relatado por produtores, técnicos, vendedores e pesquisadores efeitos "tônico" ou "aumento de vigor" do cafeeiro após aplicação de diamidas. Tais informações precisam ser confirmadas e testadas para fornecer dados mais confiáveis à agentes da cadeia produtiva.

De modo geral, os inseticidas são estudados quanto a sua efetividade no controle de pragas agrícolas, no entanto, ao longo do tempo, foram observados efeitos fisiológicos da aplicação destes produtos nas culturas agrícolas, como aumento de vigor e componentes de crescimento vegetativo. Como enfatizado por Macedo *et al.* (2013), o potencial de ação bioativadora dos pesticidas utilizados na agricultura moderna, requer estudos aplicados a cada cultura de

interesse. Neste contexto, alguns trabalhos já demonstram o potencial citado para outras culturas e inseticidas.

Na cultura da soja, CASTRO *et al.* (2008)(A), demonstraram que o tratamento de sementes com inseticidas (aldicarb e tiametoxam) em combinação com bioestimulantes promoveu uma maior formação de raízes finas, caracterizando um efeito tônico. Observando o efeito da aplicação de diversos inseticidas em relação a germinação e crescimento inicial de plantas de soja, Dhungana *et al.* (2016) verificaram que a aplicação de tiametoxam teve efeito positivo na biomassa das plântulas e no conteúdo de polifenóis e flavonoides, demonstrando seu potencial em promover vigor nestas plantas.

Ao observar o efeito da aplicação de tiametoxam em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, Macedo *et al.* (2013) observaram que este tem propriedades capazes de alterar o metabolismo e fisiologia destas sementes, resultando em crescimento radicular e aporte de nitrogênio, o que refletiu em ganhos de qualidade nutricional desta forrageira. Além disso, ao tratar sementes de trigo com o tiametoxam, Macedo e Castro (2011) observaram que este promoveu o melhor desenvolvimento radicular, conteúdo de proteína, matéria seca de parte aérea, matéria seca de espiga, o que evidencia o potencial bioativador desta molécula.

Investigando a cultura do cafeeiro, Durante *et al.* (2015) observaram que a aplicação do inseticida tiametoxam proporcionou melhor crescimento das mudas de café, com efeito positivo sobre o diâmetro de caule e biomassa fresca e seca do sistema radicular, demonstrando o potencial efeito de acréscimo de vigor ofertado pela utilização de inseticidas nesta cultura. As diamidas antranílicas são inseticidas derivados do ácido antranílico, grupo ao qual se inserem tanto o clorantraniliprole quando o cyantraniliprole, e as moléculas inseticidas deste grupo compartilham o mesmo sítio de ação, os receptores rianodínicos (LAHM *et al.*, 2007).

A contração muscular dos insetos é modulada pelo fluxo de cálcio intra e extra celular, controlada por estes receptores. Esta classe de inseticidas atua de modo agonístico nos receptores citados, liberando o Ca²⁺ interno da organela para o citoplasma levando a contração do músculo com consequência a paralisia alimentar, a letargia, a regurgitação e a paralisia muscular (LAHM *et al.*, 2007).

O espectro de atividade destas é amplo, com o foco de controle do clorantraniliprole de lepidópteros em geral (CORDOVA *et al.*, 2006), enquanto

o cyantraniliprole, tem ação efetiva sobre coleópteros, dípteros e hemípteros (TEIXEIRA; ANDALORO, 2013). Dado isso, no que tange a cultura do café, é notória sua efetividade de controle tanto em relação a broca-do-café (SOUZA *et al.*, 2013), quanto ao bicho-mineiro-do-cafeeiro (MATIELLO *et al.*, 2015).

Pouco se conhece sobre os efeitos fisiológicos da utilização de inseticidas, nesse sentido, são raros os trabalhos existentes demonstrando uma correlação entre os componentes de crescimento vegetativo e a aplicação desses produtos. Com isto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da aplicação de inseticidas à base de diamidas antranílicas no crescimento vegetativo do cafeeiro (*Coffea arabica* L.).

MÉTODOS

Este estudo foi conduzido no campo experimental da Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, (19° 12' 00" S 46° 16' 45" W e altitude: 1.080 m) em Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilosa e relevo plano no período de novembro de 2017 até junho de 2018.

As mudas de café *C. arabica* L. utilizadas foram de duas cultivares: Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon, apresentando três pares de folhas verdadeiras, obtidas em viveiro comercial, com o plantio sendo realizado no dia 10 de novembro de 2017. O preparo do solo consistiu em uma aração profunda, uma gradagem niveladora e subsequente confecção de sulcos. A necessidade de calcário foi calculada pelo método de saturação de bases, de forma a elevar a mesma para 70% e o calcário foi aplicado no sulco de plantio. O espaçamento utilizado foi de 3,0 x 0,5 m para duzentas plantas, totalizando uma área experimental de 300 m². A adubação de plantio foi feita em cova (40 x 40 x 40 cm), nas doses de 20 g cova-1 de N e K₂O, e 30 g cova-1 de P₂O₅. A adubação de manutenção consistiu em 10 g planta-1 de N, aplicado no intervalo de 30 dias entre aplicações, decorridos 30 dias após a data de plantio.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial triplo 2x5x4 (duas variedades, cinco tratamentos e quatro datas) com 4 repetições. As duas variedades foram Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon. Os tratamentos consistiram em: aplicação de clorantraniliprole 350 WG (90 g p.c.ha⁻¹, 31,5 g i.a.ha⁻¹; Dupont do Brasil), ciantraniliprole 100 OD (1,5 L p.c.ha⁻¹, 150 g

i.a.ha⁻¹, Dupont do Brasil), clorantraniliprole 4,5% m/v (0,6 L p.c.ha⁻¹, 27 g i.a.ha⁻¹, Syngenta) + abamectina 1,8 % m/v (0,6 L p.c.ha⁻¹, 10,8 g i.a.ha⁻¹, Syngenta), tiametoxam 20,0 % m/v (0,6 L p.c.ha⁻¹, 80 g i.a.ha⁻¹, Syngenta) + clorantraniliprole 10,0 % m/v (0,4 L p.c.ha⁻¹, 336 g i.a.ha⁻¹, Syngenta). As datas de avaliação foram aos 0, 30, 60 e 90 DAA (dias após a aplicação). As testemunhas consistiram nas variedades citadas não submetidas à aplicação de inseticidas.

As variáveis avaliadas foram: comprimento e largura de folhas, comprimento de ramos e altura de plantas (medidos com auxílio de régua), diâmetro na inserção do solo (com auxílio de paquímetro digital) e número de folhas.

A área foliar foi determinada pela metodologia validada por Schmidt *et al.* (2014), que utiliza o produto do comprimento pela máxima largura das folhas como variável independente a ser inserida na equação:

$$Y = 2,2443 + 0,6373 (C.L)$$

Onde:

C= Comprimento em cm;

L= Máxima largura.

Y= Área foliar (cm²)

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), as médias comparadas pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, comparando o efeito dos tratamentos com auxílio do software livre Speed Stat, versão 1.0. (CARVALHO; MENDES, 2017).

RESULTADOS

Os resultados da análise de variância (Tabela 1) indicaram que houve diferença significativa em relação ao fator inseticida para as variáveis: área foliar, número de folhas por planta e diâmetro do caule.

Para a interação entre variedades x tratamentos observou-se diferença estatística em todas as variáveis avaliadas a pelo menos 5% de significância, o que evidencia que houve influência dos tratamentos sobre as variáveis avaliadas.

A interação variedades x dias apresentou diferença para área foliar, número de folhas/planta e diâmetro de caule, assim como a interação entre tratamentos x dias que também apresentou diferença para todas as variáveis, exceto diâmetro do caule.

Ao observar a interação tripla entre os fatores, existiu diferença significativa para as variáveis: número folhas/planta, comprimento de ramo e altura de plantas.

Tabela 1. Análise de variância, com valores F, para as características: área foliar (AF), número de ramos/planta (NRP), número de folhas/planta (NFP), comprimento de ramos (CR), diâmetro do caule (DC) e altura de plantas (AP). * e **, significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Causas de Variação	GL	Valor F					
		AF	NRP	NFP	CR	DC	AP
1. Inseticidas	4	22,84**	1,59 ^{ns}	5,46**	2,38 ^{ns}	33,58**	2,09 ^{ns}
2. Variedades	3	61,96**	103,54**	106,88**	167,74**	54,87**	78,01**
3. Dias	1	65,10**	34,51**	125,54**	11,61**	64,89**	47,46**
4. Variedades x tratamentos	12	12,95**	1,86*	1,7*	1,94*	3,7**	2,14*
5. Variedades x dias	3	1,68*	0,79 ^{ns}	17,37**	1,12 ^{ns}	5,33**	0,29 ^{ns}
6. Tratamento x Dia	4	3,21*	2,38*	10,85**	3,91**	0,8 ^{ns}	2,19*
7. Bloco	3	5,94**	0,97 ^{ns}	2,02 ^{ns}	0,72 ^{ns}	2,49 ^{ns}	1,97 ^{ns}
8. Interação tripla	12	0,34 ^{ns}	0,34 ^{ns}	3,13**	2,24*	0,4 ^{ns}	2,98**
9. Resíduo	117						
C.V (%)		28,03	26,89	30,19	26,15	16,48	14,24

Fonte: Autor (2023).

Aos 90 dias após a aplicação (DAA) foi observada diferença estatística em algumas variáveis avaliadas (Tabela 2).

Tabela 2. Médias das variáveis avaliadas de acordo tratamentos inseticidas aos 90 DAA. Média seguidas por mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si a p<0,05.

Característica	Variedade Catuaí					
	T1	T2	T3	T4	Testemunha	Cv (%)
Número de ramos/planta	4,50 a	4,00 a	3,50 a	5,25 a	4,50 a	26,89
Número de folhas/planta	73,25 b	98,50 b	86,00 b	133,75 a	75,75 b	29,88
Comprimento de ramo (cm)	32,73 a	36,80 a	28,43 ab	35,98 a	26,25 b	25,29
Diâmetro do caule (cm)	8,35 b	13,58 a	12,03 a	13,15 a	12,70 a	16,48
Altura de plantas (cm)	41,33 a	43,65 a	38,53 a	47,63 a	38,03 a	14,35
Área foliar (cm ²)	395,36 a	157,33 b	142,36 b	123,51 b	134,43 b	28,03

Variedade Bourbon						
Característica	T1	T2	T3	T4	Testemunha	Cv (%)
Número de ramos/planta	11,00 a	8,50 a	9,00 a	8,00 a	8,50 a	26,89
Número de folhas/planta	72,75 a	39,25 b	50,50 ab	50,50 ab	48,00 ab	29,88
Comprimento de ramo (cm)	33,83 a	25,75 ab	29,75 ab	23,78 b	28,75 ab	25,29
Diâmetro do caule (cm)	10,08 a	9,75 a	10,58 a	10,68 a	10,10 a	16,48
Altura de plantas (cm)	45,75 a	42,28 a	48,05 a	44,08 a	45,25 a	14,35
Área foliar (cm ²)	333,3 a	157,33 b	142,36 b	123,51 b	134,43 b	28,03

Tratamento 1 = tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v (80 g + 336 g i.a.ha-1); tratamento 2 = ciantraniliprole 10% m/v (150 g i.a.ha-1); tratamento 3 = clorantraniliprole 350 WG (90 g p.c.ha-1, 31,5 g i.a.ha-1);) 4 = clorantraniliprole 4,5% m/v + abamectina 1,8 % m/v (27g + 10,8 g i.a.ha-1; testemunha = sem aplicação de inseticidas. Rio Paranaíba, 26/06/2018.

Fonte: Autor (2023).

Todos os tratamentos apresentaram desempenho superior à testemunha sobre a variável comprimento de ramos na variedade Catuaí IAC 144. Enquanto para a variedade Bourbon não foi observada diferença entre os tratamentos (Tabela 2).

Com relação ao número de folhas por planta, para a variedade Catuaí Vermelho IAC 144 o tratamento 4, apresentou diferença estatística em relação aos outros tratamentos e a testemunha, evidenciando um estímulo a emissão de folhas pela exposição desta variedade ao inseticida clorantraniliprole 4,5% m/v + abamectina 1,8 % m/v. Ao observar a variedade Bourbon, o tratamento com tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v obteve desempenho estatisticamente superior em relação aos outros no que tange a emissão de folhas totais (Tabela 2).

Para a variável área foliar, o tratamento 1 (tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v), apresentou diferença estatisticamente significativa em relação aos outros tratamentos e a testemunha em ambas as variedades, evidenciando uma correlação positiva entre área foliar e aplicação deste produto (Tabela 2).

Para nenhuma das variedades estudadas foi verificada influencia da aplicação de inseticidas para as variáveis: número de ramos/plantas, diâmetro do caule e altura de plantas (Tabela 2). Entretanto, a menor média do diâmetro de caule foi observada na aplicação do tratamento 1 (tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v) na variedade Catuaí Vermelho 144, inclusive

apresentando desempenho inferior a testemunha para esta variável, evidenciando o efeito negativo deste tratamento em relação a característica citada.

DISCUSSÃO

Na cultura da soja observou-se aumento da biomassa de parte aérea após aplicação de tiametoxam tanto em aplicação pós-emergência das plântulas quanto em tratamento de sementes, promovendo a absorção de nutrientes e acúmulo de fotoassimilados pela planta (NUNES, 2006; TAVARES *et al.*, 2007; DENARDIN, 2008; DAN *et al.*, 2011). Em trabalho realizado por Dhungana *et al.* (2016) verificaram que a aplicação de tiametoxam teve efeito positivo na biomassa das plântulas e no conteúdo de polifenóis e flavonoides, assim como Almeida *et al.* (2014) verificaram que o tratamento de sementes de arroz com tiametoxam melhorou o desempenho fisiológico das plântulas. O mesmo foi verificado por Almeida *et al.* (2012) estudando o tratamento de sementes de aveia preta e por Lauxen *et al.* (2016) observando na cultura do algodoeiro. Essas propriedades bioestimulantes podem explicar o comportamento das variáveis citadas sob a influência dos tratamentos para a cultura do café.

A aplicação de inseticidas a base de tiametoxam em plantas de soja promove o aumento da área foliar para esta cultura (NUNES, 2006; TAVARES *et al.*, 2007; BALARDIN *et al.*, 2011), resultados que corroboram os apresentados no presente estudo. Este comportamento é creditado por Tavares *et al.* (2007) ao estímulo na planta de genes responsáveis pela síntese e ativação de enzimas metabólicas que se envolvem no processo de crescimento da planta. Além disso, a aplicação deste inseticida promove crescimento de plantas de soja melhorando a taxa fotossintética e resistência estomática (NUNES, 2006). Ademais, Macedo *et al.* (2013) verificaram melhoras no aporte de nitrogênio com a aplicação de tiametoxam em gramíneas. Na cultura do trigo, a utilização deste inseticida apresenta efeito favorável em relação ao crescimento das plântulas, pois estimula o aumento da área foliar e aumentando o número de estruturas reprodutivas quando comparada a plantas não submetidas a sua aplicação (PERELLÓ; BELLO, 2011). Todos estes estudos sugerem as causas do aumento de área foliar para esta cultura sob aplicação do inseticida citado. No entanto,

são necessários estudos para elucidar os mecanismos bioquímicos envolvidos neste comportamento (BALARDIN *et al.*, 2011).

Segundo Dhungana *et al.* (2016), as diferentes classes de inseticida podem apresentar influência variada sob o crescimento e conteúdo nutricional das plantas, a depender da cultivar utilizada, da cultura avaliada e até do sistema de cultivo (GROHS *et al.*, 2012). Estudando diversas espécies de gramíneas, Brown *et al.* (1987) não observou influência da aplicação de inseticidas no crescimento vegetativo destas. Analisando a cultura do tomateiro, Castro *et al.* (2008) demonstraram não existir influência da aplicação de inseticidas no desenvolvimento da parte aérea e atividade hormonal desta cultura. Já estudando o tratamento de sementes de soja com inseticidas Castro *et al.* (2008) verificaram que este não promoveu maior crescimento vegetativos nas plântulas. Na cultura do café, avaliando a aplicação de tiametoxam associado com fungicidas, Martins *et al.* (2012) observaram que este apresentou efeito negativo em relação as variáveis de crescimento vegetativo. Portanto, para estas características não são observados os efeitos positivos já citados da aplicação dos inseticidas testados.

CONCLUSÃO

Existe influência da aplicação de inseticidas sobre algumas variáveis de crescimento do cafeeiro e esta varia em função da variedade;

O inseticida clorantraniliprole 4,5% m/v + abamectina 1,8 % m/v estimulou a emissão de folhas na variedade Catuaí Vermelho IAC 144;

O inseticida tiametoxam 20,0 % m/v + clorantraniliprole 10,0 % m/v estimulou a emissão de folhas na variedade Bourbon além de apresentar efeito no aumento de área foliar para ambas as variedades;

Todos os inseticidas estudados influenciaram positivamente a variável comprimento de ramos para a variedade Catuaí Vermelho IAC 144.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a “Universidade Federal de Viçosa – Campus Rio Paranaíba”, UFV-CRP e a “Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais”, FAPEMIG pelo suporte financeiro e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. S.; DEUNER, C.; BORGES, C. T.; MENEGHELLO, G. E.; JAUER, A.; VILLELA, F. A. Treatment of Rice seeds with thiamethoxam: reflection on physiological performance. *Journal of Seed Science*, Londrina, , v. 36, n. 4, p. 468-464, 2014.
- ALMEIDA, A. S.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E.; LAUXEN, L. E.; DEUNER, C. Desempenho fisiológico de sementes de aveia-preta tratadas com tiametoxam. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina,, v. 33, n. 5, p. 1619-1628, 2012.
- BALARDIN, R.S.; SILVA, F.D.L; DEBONA, D.; CORTE, G.D.; FAVERA, D.D.; TORMEN, N.R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.41, n. 12, p. 1120-1126, 2011.
- BRASIL. Resolução RDC Nº 28, de 9 de agosto de 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/8026020/pg-64-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-16-08-2010>>. Acesso em: 20 de abril. 2018.
- BROWN, V.K.; LEIJIN, M.; STINSON, C.S.A. The experimental manipulation of herbivores load by the use of an insecticide (matahion): The effect of application on plant growth. *Oecologia*, Berlin, v.72, n.3, p. 377-381, 1987.
- CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. *Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria*, 2017. 333pp.
- CASTRO, P.R.C; PITELLI, A.M.C.M; PERES,P.L.E.; ARAMAKI, P.H. Análise da atividade reguladora de crescimento vegetal de tiametoxam através de biotestes. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.83, n.3, p. 105-108, 2008. (A)
- CASTRO, G.S.A; BOGIANI, J.C.; SILVA, M.G.; GAZOLA, E.; ROSOLEM, C.A. Tratamento de sementes de soja com inseticidas e um bioestimulante. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n.10, p. 1311-1318, 2008. (B)
- CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, M. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P.; SELBY, T. P.; STEVENSON, T. M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D. F.; WU, L.; SMITH, R. M.; TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Amsterdam, v. 84, n.3, p. 196-214, 2006.
- DAN, L.G.M.; DAN, H.A.; BRACCINI, A.L.; ALBRECHT, L.P.; RICCI, T.T.; PICCININ, G.G. Desempenho de sementes de soja tratadas com inseticidas e submetidas a diferentes períodos de armazenamento. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v.6, n. 2, p. 215-222, 2011.
- DENARDIN, N.D. Ação do tiametoxam sobre a fixação biológica do nitrogênio e na promoção de ativadores de crescimento vegetal. In: GAZZONI, D.L. Tioametoxam: uma revolução na agricultura brasileira. São Paulo, SP: Editora Vozes, p.74-116, 2008.
- DHUNGANA, S.K.; KIM, I; KWAK, H.; SHIN, D. Unraveling the effect of structurally different classes of insecticide on germination and early plant growth of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Amherst, v. 130, n. 130, p. 39-43, 2016.
- DURANTE, E.A; MACIEL, A.L.R.; AVILA, R.G.; SANTINI, PT. Efeito da aplicação de inseticidas no crescimento de mudas de cafeeiro. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 7, n.4, p. 11-20, 2015.
- EMBRAPA RONDÔNIA. *Cultivo dos cafeeiros conilon e robusta para Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia (Embrapa Rondônia. Sistemas de Produção: 33), p. 37-43, 2009.
- GROHS, M.; MARCHESAN, E.; ROSO, R.; FORMENTINI, T.C.; OLIVEIRA, M.L. Desempenho de cultivares de arroz com uso de reguladores de crescimento, em diferentes sistemas de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.47, n. 6, p.776-783, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. Produção de brasileira de café, série histórica. *Censo Agropecuário*, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cafes/br>>. Acesso em 08/09/2023.

IRAC. Comitê Brasileiro de Resistência a Inseticidas. *Modo de Ação de Inseticidas e Acaricidas*. Mogi Mirim, SP: IRAC, p. 1-2, 2018.

LAHM, G.P.; STEVENSON, T.M.; SELBY, T.P.; FREUDENBERGER, J.H.; HUGHES, K.A.; HOLLINGSHAUS, J.G.; CLARK, C.E.; BENNER, E.A. Rynaxypyr™: A new insecticidal anthranilic diamide that acts as a potent and selective ryanodine receptor activator. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, La Jolla, California, v. 17, n.22, p. 6274-6279, 2007.

LAUXEN, L.R.; ALMEIDA, A.S.; DEUNER, C.; MENEGHELLO, G.E.; VILLELA, F.A. Physiological response of cotton seeds treated with thimethoxan under heat stress. *Journal of Seed Science*, Londrina, v.38, n.2, p.140-147, 2016.

MACEDO, W.R.; CASTRO, P.R.C. Thiamethoxam: Molecule moderator of growth, metabolism and production of spring wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Amherst, v. 100, n.100, p. 299–304, 2011.

MACEDO, W.R.; FERNANDES, G.M.; POSSENTI, R.R.; LAMBAIS, G.R.; CASTRO, P.R.C. Responses in root growth, nitrogen metabolism and nutritional quality in *Brachiaria* with the use of thiamethoxam. *Acta Physiologiae Plantarum*, v. 35, n.1, Poznan, p. 205-211, 2013.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R.A.; GARCIA, A.W.R.; *Cultura do Café no Brasil, Manual de Recomendações*. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação Procafé, 2015. 542p.

MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N.; TOMAZ, M.A.; SOUZA, A.F.; JUNIOR, W.C.J. Função de crescimento vegetativo de mudas de cafeeiro conilon a níveis de ciproconazol+tiametoxam e nitrogênio. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v.35, n.1, p. 173-183, 2012.

NUNES, J.C. Soybean plant bioactivator. An additional use for a product deloped originally as na insecticide. *Seed News*, Pelotas, v.10, n. 5, p. 14-15, 2006.

SCHMILDT, E.R.; AMARAL, J.A.T.; SCHMILDT, O.; SANTOS, J.S.; Análise comparativa de equações para estimativa da área foliar em cafeeiros. *Coffee Science*. Lavras, v. 9, n. 2, p. 155-167, 2014.

NAQVI, S.M.; VAISHNAVI, C. Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan insecticide to non-target animals. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, Oxford, v. 105, n.3, p. 347-361, 1993.

PERELLÓ, A.E.; BELLO, G.M.D. Supression of tan sopt and plant growth promotion of wheat by synthetic and biological inducers under field conditions. *Annals of Applied Biology*, Warwick, v. 158, n.3, p. 267-274.

SOUZA, J.C.; REIS, P.R.; SILVA, R.A.; CARVALHO, T.A.F.; PEREIRA, A.B. Controle químico da broca-do-café com cyantraniliprole. *Coffee Science*, Lavras, v. 8, n.4, p. 404-410, 2013.

TAVARES, S.; CASTRO, P.R.C.; RIBEIRO, R.V.; ARAMAKI, P.H. Avaliação dos efeitos fisiológicos de thiametoxan no tratamento de sementes de soja. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, v.82, n.1, p.47-54, 2007.

TEIXEIRA, L.A.; ANDALORO, J.T. Diamide insecticides: Global efforts to address insect resistance stewardship challenges. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, Amherst, v. 106, n.3, p. 76–78, 2013.

PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE FORRAGEM E COMPOSIÇÃO MORFOLÓGICA DO CAPIM-IPYPORÃ (*BRACHIARIA RUZIZIENSIS* VS. *BRACHIARIA BRIZANTHA*) COM A INOCULAÇÃO DE SEMENTES COM BIOESTIMULANTE

Gabriel Estevam Augusti Ferreira

Universidade Brasil (UB) – *Campus* Descalvado

Adélio Barbosa Teixeira

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus* Rio Paranaíba

João Guilherme Barberá Sarni

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus* Rio Paranaíba

Gustavo Inocente da Silva

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus* Rio Paranaíba

Alex Henrique da Silva

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus* Rio Paranaíba

Luciana de Paula Cruz

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus* Rio Paranaíba

Ana Cristina Pinto Rodrigues

Universidade Federal de Viçosa (UFV) – *Campus* Rio Paranaíba

Liandra Maria Abaker Bertipaglia

Universidade Brasil (UB) – *Campus* Descalvado

Valdo Rodrigues Herling

Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO

Objetivo: O presente trabalho teve o objetivo de avaliar a produção de massa de forragem e a composição morfológica do capim-ipyporã, em função da inoculação de sementes incrustadas e não incrustadas com o bioestimulante, a base de aditivos e extrato das algas marinhas. **Métodos:** O delineamento foi inteiramente casualizado em fatorial 2x4, sendo os tratamentos cobertura de sementes (incrustadas ou não incrustadas) e doses de *Ascophyllum nodosum* (0, 2, 4 e 6 mL/kg de semente). Efetuou-se separação morfológica em lâmina foliar, colmo e bainha pesados separadamente, para determinação de massa seca e composição morfológica. **Resultados:** As sementes não incrustadas tiveram acréscimos na MSF até a dose 4 mL/kg de semente (13,8 g/vaso), diminuindo posteriormente na dose 6 mL/kg de semente (12,9 g/vaso). Enquanto que as sementes incrustadas tiveram maior MSF para a dose de 2 mL/kg de semente (15,4 g/vaso). **Conclusão:** A cobertura de sementes e utilização do bioestimulante, de maneira geral, não afetam a produção de massa de forragem e de seus componentes morfológicos.

Palavras-chave: *Ascophyllum Nodosum*, Colmo, Bainha, Lâmina Foliar, Massa Seca de Forragem.

INTRODUÇÃO

As espécies de *Brachiaria* são as principais plantas forrageiras utilizadas no estabelecimento de pastos no Brasil, com fácil adaptação ao clima tropical (SEIFFERT, 1980). O híbrido BRS Ipyporã (*Brachiaria ruziziensis* vs. *Brachiaria brizantha*) é uma planta forrageira de porte médio, crescimento prostrado, com boa composição em folhas, média exigência em fertilidade, excelente valor nutritivo (EMBRAPA, 2017).

Assim como em outras culturas, de acordo com a espécie e/ou cultivar explorado, as plantas forrageiras apresentam a capacidade de extração de nutrientes diretamente ligada ao potencial de produção de massa de forragem, desta forma, exigindo, quando necessário, um bom balanço nutricional do solo, o que inclui macro e micronutrientes (Cabral *et al.*, 2021).

A correção do solo e as adubações de formação e manutenção de um pasto são essenciais para torná-lo produtivo, desenvolvendo o sistema radicular, explorando assim um grande volume de solo, o que é importante para melhorar a absorção dos nutrientes disponibilizados, permitindo à planta maior resposta em quantidade e valor nutritivo (Almeida *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, tem sido utilizado com maior frequência os bioestimulantes e os biofertilizantes com composição variada em nutrientes e microrganismos. Dentre estes, produtos à base de alga marinha (*Ascophyllum nodosum*) estão sendo pesquisados para utilização em pastagens, uma vez que atuam no metabolismo da planta, agindo tanto na formação dos pastos por sementes e mudas como para a aplicação em áreas já estabelecidas (Shukla, *et al.*, 2019).

Os extratos da alga marinha podem ser aplicados nas folhas, frutos e sementes da planta, ocasionando alterações hormonais e estruturais, com a finalidade de aumentar a produção e melhorar da qualidade, havendo uma intervenção em alguns processos como germinação, enraizamento, florescimento, frutificação e senescência. Os principais grupos hormonais induzidos pelos extratos de algas são: auxinas, giberelinas, citocininas, etileno, ácido abscísico, brassinosteróides, jasmonatos, salicilatos e poliaminas (Fonseca, 2019).

Devido à alga marinha atuar como sinalizadora pré-hormonal, o interesse por produtos que a possuam em sua composição tem sido mais frequente em pesquisa na área de forragicultura. Com isto, o presente trabalho teve o objetivo

de avaliar a produção de massa de forragem e a composição morfológica do capim-ipyporã, em função da inoculação de sementes incrustadas e não incrustadas com o bioestimulante a base de aditivos e extrato das algas marinhas.

MÉTODOS

A pesquisa foi implantada e conduzida na USP/FZEA, *Campus* de Pirassununga/SP (21,9º de latitude sul e 47,5 de longitude oeste) do dia 10 de agosto de 2020 até 15 de novembro.

Para preparo do experimento, 40 vasos de plástico com capacidade de 5 kg foram encheidos com 3,380 kg de solo amostrado à profundidade de 0-20 cm, com a umidade do solo mantida a 70% da capacidade de campo.

No dia 25 de agosto as sementes de capim-ipyporã foram embebidas em solução do bioestimulante de acordo com os tratamentos: 0, 2, 4 e 6 mL/kg de semente. A semeadura deu-se no mesmo dia utilizando-se 12 sementes puras, distribuídas de forma uniforme à profundidade de 1 cm, juntamente com o equivalente de 110 kg/ha de P_2O_5 , sendo utilizada como fonte o superfosfato triplo. Houve o controle da temperatura no interior da casa de vegetação, sendo mantida a 30 °C.

O início da germinação deu-se em 31 de agosto de 2020 e os vasos foram colocados em cima de bancada, ajustados abaixo dos bicos de irrigação, que foram acionados automaticamente três vezes ao dia pelo tempo de 1 minuto. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições, e o experimento em fatorial 2x4, com 8 tratamentos, sendo o fator A: cobertura da semente (incrustada e não incrustada) e o fator B: dose do bioestimulante (0, 2, 4 e 6 mL/kg de semente).

Passados quinze dias do início da germinação, todas as parcelas experimentais foram adubadas com o equivalente a 30 kg/ha de N e K_2O na forma de ureia e cloreto de potássio, diluídos em solução aquosa, na quantidade de 4,72 g de ureia e 3,49 g de cloreto de potássio em 2 litros de água. Em cada vaso foram utilizados 50 mL da solução.

Após 30 dias da germinação foi feito o desbaste e transplântio mantendo-se 3 plantas por vaso, sendo consideradas plantas do mesmo tratamento. Aos 70 dias da germinação houve a medição da altura das plantas para cada

tratamento, contando-se o número de perfilhos/vaso. O corte das plantas de cada parcela foi realizado no mesmo dia à altura de 20 cm do solo.

O material vegetal colhido foi colocado em sacos de papel pardo perfurado e pesados e, seguinte a pesagem, foi levado à estufa de circulação forçada de ar para a secagem a 65 °C por 72 horas.

Ao final da secagem, as amostras foram retiradas da estufa e colocadas sobre balcão para equilíbrio da umidade por 5 minutos, seguindo para a pesagem. Dessas amostras foi realizada a separação morfológica em lâmina foliar, colmo e bainha e material morto. A massa seca de forragem foi expressa em g/vaso e a composição morfológica em g/vaso em % da massa seca de forragem para cada componente avaliado.

Todos os conjuntos de dados foram testados quanto à normalidade da distribuição dos erros e homogeneidade de variâncias. A escolha da matriz de variância e de covariância foi feita utilizando-se o Critério de Informação de Akaike (Wolfinger, 1993) e a análise de variância realizada com base nas seguintes causas de variação: cobertura da semente, doses do bioestimulante e interações entre elas. Os efeitos de cobertura de semente e dose do bioestimulante e suas interações foram considerados fixos (Littel *et al.*, 2022). As comparações entre as médias foram feitas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5% e submetida à análise de regressão linear.

RESULTADOS

Os resultados da análise de variância referentes às variáveis massa seca de forragem (MSF – g/vaso), de lâmina foliar (MSLF – g/vaso), de colmo e bainha (MSCB – g/vaso) e de material morto (MSMM – g/vaso) do capim-ipyporã semeado em vaso com sementes incrustada e não incrustada inoculada com dose do bioestimulante estão apresentados na Tabela 1.

Houve efeito de cobertura de semente apenas na MSMM ($P < 0,01$) do capim-ipyporã, que apresentou maior MSMM, quando suas sementes foram incrustadas (0,83 vs. 0,63 g/vaso). Para a regressão não se constatou diferença entre as doses do bioestimulante para as variáveis estudadas.

Tabela 1. Análise de variância e médias absolutas das variáveis estudadas para o capim-ipyporã, considerando cobertura da semente e dose do bioestimulante.

	MSF	MFLS	MSCB	MSMM
(g.vaso ⁻¹)				
Cobertura semente				
Ausente (NSL)	12,57	6,89	5,07	0,63 B1
Presente (SL)	13,84	7,21	5,80	0,83 A
Valor de F	1,98 ^{ns}	0,51 ^{ns}	1,87 ^{ns}	7,63 ^{**}
DMS (Tukey 5%)	0,06	0,17	0,07	0,16
Doses (mL.kg⁻¹ de semente)				
0 mL	13,55	6,84	5,97	0,75
2 mL	13,73	7,02	5,91	0,79
4 mL	13,00	7,14	5,07	0,77
6 mL	12,54	7,16	4,79	0,59
Valor de F	0,32 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,95 ^{ns}	1,53 ^{ns}
Reg. Linear	0,38 ^{ns}	0,15 ^{ns}	1,68 ^{ns}	1,92 ^{ns}
Reg. Quadrática	0,40 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,31 ^{ns}	2,41 ^{ns}
Reg. Cúbica	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,79 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Interação (valor F)	2,17 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,51 ^{ns}	2,57 ^{ns}
CV (%)	5,46	12,33	10,20	86,01

MSF: massa seca de foragem; MSFLS: massa seca de lâminas foliares; MSCB: massa seca de colmo + bainha; MSMM: massa seca de material morto. 1 Valores seguidos de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (5%), ns: não significativo pelo teste F; * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade.

Fonte: Autor (2023).

Para as variáveis da participação percentual dos componentes morfológicos na MSF do capim-ipyporã, embora na análise da variância não tenha sido verificado diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$), no estudo de regressão observou-se efeito linear ($P < 0,05$) de dose do bioestimulante na participação percentual de lâmina foliar (LF%) e de colmo e bainha (CB%), apresentada na Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2. Análise de variância e médias relativas das variáveis estudadas para o capim-ipyporã, considerando cobertura da semente e dose do bioestimulante.

	LF	CB	MM
	(% MSF)		
Cobertura semente			
Ausente (NSL)	55,10	40,13	4,93
Presente (SL)	52,66	41,25	6,08
Valor de F	2,01 ^{ns}	0,48 ^{ns}	3,65 ^{ns}
DMS (Tukey 5%)	0,07	11,49	0,81
Doses (mL.kg-1 de semente)			
0 mL	51,70	42,76	5,53
2 mL	51,56	42,68	5,79
4 mL	55,80	38,62	5,87
6 mL	56,47	38,62	4,84
Valor de F	2,30 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,64 ^{ns}
Regressão linear	5,57 *	4,88 *	0,41 ^{ns}
Regressão quadrática	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Regressão cúbica	1,16 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Interação (valor F)	1,65 ^{ns}	1,38 ^{ns}	0,91 ^{ns}
CV (%)	2,54	10,34	36,38

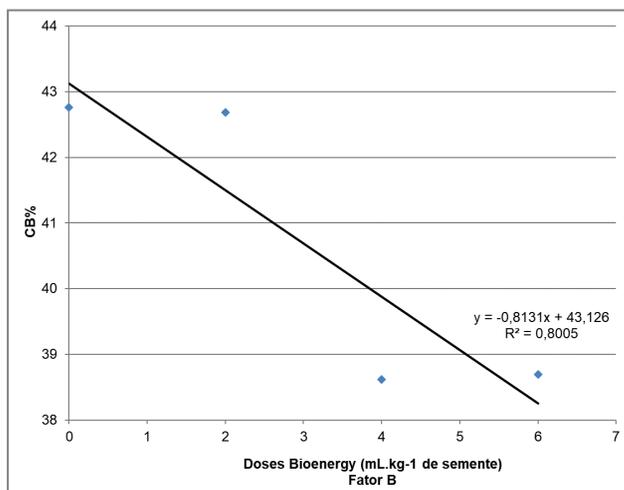
MSF: massa seca de foragem; LF: porcentagem de massa seca de lâminas foliares; CB: porcentagem de massa seca de colmo + bainha; MM: porcentagem de massa seca de material morto. 1 Valores seguidos de mesma letra não diferem pelo teste Tukey (5%), ns: não significativo pelo teste F; * significativo pelo teste F a 5% de probabilidade; ** significativo pelo teste F a 1% de probabilidade

Fonte: Autor (2023).

De certa forma, houve aumento linear da LF% com as doses do bioestimulante, passando de 51,70% (controle) para 56,47% (6 mL/kg de semente), da ordem de 9,2%. Por outro lado, as médias de CB% decresceram com as doses do bioestimulante, de 42,76% para 38,62%. Mesmo a planta forrageira cortada com 75 dias de crescimento livre após a germinação, a relação LF/CB aumentou de 1,14:1 para 1,49:1. Para ter-se maior aumento na relação LF:CB deve-se estar atento na altura de corte preconizada para cada cultivar. Nesta pesquisa, a relação LF:CB embora sempre maior que 1,0:1, ela pode ser considerada baixa, devido ao longo período de crescimento de 75 dias.

A análise de regressão da porcentagem de colmo e bainha (Figura 1), em função das doses crescentes do bioestimulante, revelou diminuição linear nessa medida fisiológica.

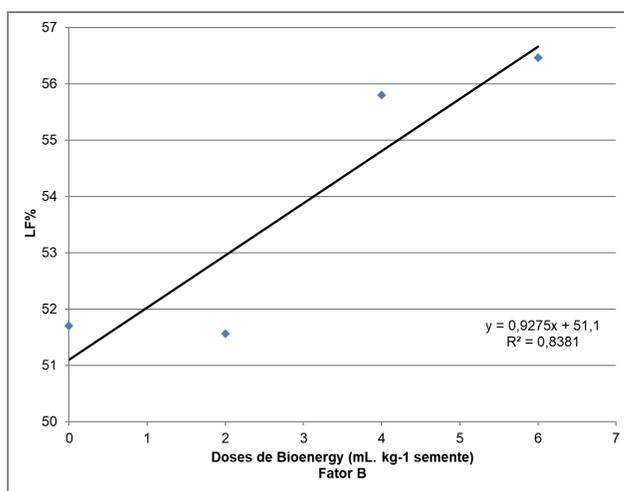
Figura 1. Representação gráfica da regressão linear simples e coeficiente de determinação (R²) da porcentagem de colmo e bainha (CB%) em função das doses crescentes do bioestimulante. A equação de regressão: $y = -0,8131x + 43,126$ ($R^2 = 0,8005$).



Fonte: Autor (2023).

A análise de regressão da porcentagem de lâmina foliar (Figura 2), em função das doses crescentes do bioestimulante revelou aumento linear nessa medida fisiológica.

Figura 2. Representação gráfica da regressão linear simples e coeficiente de determinação (R²) da porcentagem de lâmina foliar (LF%) em função das doses crescentes do bioestimulante. A equação de regressão: $y = 0,9275x + 51,10$ ($R^2 = 0,8381$).



Fonte: Autor (2023).

DISCUSSÃO

Assim como os resultados obtidos nesta pesquisa, Trindade (2021) ao utilizar fertilizante com extrato de algas, tanto via foliar quanto inoculado em sementes de sorgo dupla aptidão, não encontrou resposta significativa na produção de massa para esta cultura. De acordo com Rosseto e Simonetti (2012) o tratamento em sementes de trigo com extrato à base de algas também não obteve incremento na produção de massa de forragem e de seus componentes morfológicos. resultados plausíveis, evidenciando que o tratamento não afeta a

Outrora, em trabalho realizado por Albuquerque *et al.* (2014) videiras submetidas a tratamentos com extratos de algas marinhas demonstram aumento na captação de nutrientes. Kumar e Sahoo (2011) também observaram efeito positivo com a aplicação de algas marinhas, proporcionando um grande desenvolvimento radicular, apresentando uma melhora na formação de raízes laterais e aumento do volume total do sistema radicular em plantas de trigo.

Na cultura do feijão, segundo resultados apresentados por Mógor (2008), demonstraram um maior aumento inicial, maior crescimento e rendimentos de grãos quando realizado a aplicação do bioestimulante a base de extrato de algas. De maneira análoga, foi observado por Abrantes *et al.* (2011) um aumento significativo no rendimento de grãos do feijoeiro.

Dall Igna e Marchioro (2010) relacionaram o efeito do extrato de *Asco-phyllum nodosum* sobre o número de espigas e rendimento dos grãos de trigo, ou seja, o uso do extrato sobre as sementes e folhas apresentou resultados interessantemente superiores ao tratamento testemunha. Os mecanismos de ação do extrato de *Asco-phyllum nodosum* ainda são pouco conhecidos, tornando sua transparência de extrema importância para a elaboração de estratégias que beneficiem o aumento da produtividade vegetal (Rayorath *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2009).

Em relação ao incrustamento de sementes, trata-se de uma estratégia promissora para a melhor absorção de macronutrientes e micronutrientes, além de promover maior tolerância a condições adversas durante as fases iniciais de germinação (Bertagnolli, 2001). Entretanto, os estudos realizados por Teodoro *et al.* (2011), para *B. brizantha*, e Torres *et al.* (2013), para *Panicum maximum*, quando avaliada a influência do revestimento de sementes no desenvolvimento

destas forrageiras não obteve-se diferenças significativas entre as sementes comuns e as sementes revestidas para o perfilhamento, o que corrobora com os resultados apresentados no presente trabalho.

CONCLUSÃO

A produção de massa de forragem e de seus componentes morfológicos lâmina foliar e colmo e bainha não apresentaram diferença significativa em relação a cobertura de sementes, exceto a massa seca de material morto.

A inoculação da semente com o bioestimulante não afeta a produção de massa de forragem e de seus componentes morfológicos.

A participação percentual de lâmina foliar cresce e a de colmo e bainha diminui com as doses do bioestimulante, enquanto a de material morto não se altera.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, F.L.; SÁ, M.E.; SOUZA, L.C.D.; SILVA, M.P.; SIMIDU, H.M; BUZETTI, S.; FILHO, W.V; ARRUDA, N. Uso de regulador de crescimento em cultivares de feijão de inverno. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.41, p. 2, 2011.

ALBUQUERQUE, T.C.S.; NETO, A.A.R.A.; EVANGELISTA, T.C. Uso de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) em videiras, cv. Festival. *Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Fruticultura*, Cuiabá, 2014.

ALMEIDA, T. F.; CARVALHO, J. K.; REID, E.; MARTINS, A. P.; BISSANI, C. A.; BORTOLUZZI, E. C.; BRUNETTO, G.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; TIECHER, T. Forms and balance of soil potassium from a long-term integrated crop-livestock system in a subtropical Oxisol. *Soil and Tillage Research*, Lexington, v. 207, p. 104864, 2021.

CABRAL, C.E.A.; CABRAL, C.H.A.; SANTOS, SANTOS, A.R.M; MOTTA, A.M.; MOTA, L.G. Impactos técnico-econômicos da adubação de pastos. *Pesquisas Agrárias e Ambientais*, Sinop, v. 9, n. 2, p 173-181, 2021.

EMBRAPA GADO DE CORTE. BRS Ipyporã ("belo começo" em guarani): híbrido de *Brachiaria* da Embrapa. *Comunicado Técnico 137*, Brasília, 2017.

FONSECA, A.N.A. Produção de mudas de tomate com extrato de algas marinhas. *Centro Universitário de Anápolis – UniEVANGÉLICA*, Anápolis, v1, p. 23, 2019.

IGNA, R.D.; MARCHIORO, V.S. Manejo de *Ascophyllum nodosum* na cultura do trigo. *Cultivando o Saber*, Cascavel, v.3, n.1, p.64-71, 2010.

KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAN, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P., HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J. Seaweed Extracts as Biotimulants of Plant Growth na Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, Dresden, v. 28, p. 386–399, 2009.

KUMAR, G., SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. Pusa Gold. *Journal of Applied Phycology Appl Phycol*, Mordoch, n. 23, p. 251–255, 2011.

LITTELL, R. C.; MILLIKEN, G. A. STROUP, W. W & WOLFINGER, R. D. SAS System for Mixed Models. Cary: Statistical Analysis System Institute, p. 633, 2002.

MÓGOR, A.F.; ONO, O.; RODRIGUES, E.D.; João; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 4, pp. 431-437, 2008,

RAYIRATH, P.; BENKEL, B.; HODGES, D.M.; ALLAN-WOJTAS, P.; MACKINNON, S.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. Lipophilic components of the brown seaweed, *Ascophyllum nodosum*, enhance freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Planta*, Heidelberg, v.230, p.135–147, 2009.

ROSSETO, L.A. & SIMONETTI, A.P.M.M. Aplicação de produtos a base de algas e musgos na cultura do trigo. *Cultivando o Saber*, Toledo, v. 5, n.2, 2012.

SEIFFERT, N. F. Gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria*. EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de gado de corte. Campo Grande, 83p, 1980.

SHUKLA, P.S; MANTIN, E.G; ADIL, M.; BAJPAI, S.; CRITCHLEY, A.T.; PRITHIVIRAJ, B. *Ascophyllum nodosum*-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science*, Navarra, v.10, 2019.

TRINDADE, V.D.R. Aplicação de extrato de algas e bactérias promotoras de crescimento via foliar e por inoculação de sementes em sorgo dupla aptidão. *Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira*, p. 60. 2021.

TEODORO, A.N.; OLIVEIRA, M.V.M.; LONGO, M.L.; JUNIOR, J.R.; JUNIOR, F.M.V.; LUZ, D.F. Influência do revestimento de sementes e tratamento com inseticida no desenvolvimento e características nutricionais da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. *Agrarian*, Dourados, v.4, n.13, 2011.

TORRES, F.E.; OLIVEIRA, E.P.; TEODORO, P.E.; SILVEIRA, M.V.; RIBEIRO, L.P.; SILVEIRA, L.P.O. Forage production of *Panicum maximum* cultivars under different growing seasons and seed types. *Revista de Ciências Agrárias*, Pedro Talhinas, v.36, p. 4, 2013.

WOLFINGER, R. D. Covariance estrutura selection in general mixed models. *Communications in Statistics*. V.22. p1079-1106. 1993.

APRIMORANDO A GESTÃO DE NUTRIENTES DO SOLO COM MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATO

Dalila da Costa Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Wilian Rodrigues Ribeiro
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Serli de Oliveira Cabral
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Vanessa Sessa Dian
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Breno Benvindo dos Anjos
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Pedro Henrique de Paula
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Laiane Silva Maciel
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Fabio Ramos Alves
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Willian Bucker Moraes
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

André A. Silva Xavier
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

RESUMO

Objetivo: Esta revisão se concentra nos benefícios dos microrganismos solubilizadores de fosfato (MSPs), seus mecanismos subjacentes e suas contribuições para aplicações agrícolas. O fósforo desempenha um papel essencial no crescimento e produtividade das culturas. Tradicionalmente, a carência de fósforo no solo foi mitigada por meio da aplicação de fertilizantes fosfatados. Contudo, sabe-se que a dinâmica do nutriente no solo é complexa, especialmente devido aos processos de adsorção, que reduzem significativamente a eficiência de adubação fosfatada, assim como a disponibilidade desse nutriente para as plantas. Nesse contexto, a aplicação de microrganismos especializados na solubilização de fosfato emerge como uma estratégia promissora para aprimorar a disponibilidade desse nutriente. Essa abordagem não apenas reduz a dependência de fertilizantes químicos, mas também contribui para sistemas agrícolas mais sustentáveis, atenuando os riscos ambientais associados.

Conclusão: Os MSPs representam uma ferramenta biotecnológica de extrema importância para aumentar a produtividade agrícola, oferecendo uma ampla variedade de aplicações potenciais.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Solubilizadores de Fosfato, Fertilizantes Fosfatados, Microrganismos, Nutrição de Plantas.

INTRODUÇÃO

Para atender à crescente demanda mundial de alimentos, práticas baseadas na aplicação de agroquímicos e fertilizantes minerais têm sustentado os altos potenciais produtivos das culturas. No entanto, pesquisadores têm explorado métodos e dispositivos que propõe o aumento da sustentabilidade dos processos produtivos, potencializando o uso dos recursos naturais, buscando viabilizar uma agricultura sustentável. Dentre os principais desafios a serem enfrentados, destaca-se a busca pelo aumento na eficiência no uso de fertilizantes, especialmente fertilizantes fosfatados.

O fósforo (P) é um macronutriente fundamental no desenvolvimento das plantas, participando ativamente no seu metabolismo e atuando como componente estrutural de ácidos nucleicos e fosfolipídios, bem como na molécula de adenosina trifosfato (ATP), essencial nos processos de transferência de energia no metabolismo (GUPTA *et al.*, 2022). Além disso, o P desempenha um papel fundamental no suporte à fotossíntese e na respiração celular, um dos processos-chave para o crescimento das plantas (ETESAMI e MAHESHWARI, 2018).

Diversos autores consideram o P como um dos nutrientes mais limitantes a produtividade, principalmente em solos agrícolas de regiões tropicais (WALSH *et al.*, 2023). Esta afirmação está relacionada à importância do P no metabolismo, e principalmente à sua baixa disponibilidade nesses locais, onde ocorrem processos intensos de adsorção, e isto explicaria em partes os motivos que a literatura destaca o P como um dos nutrientes menos extraídos, porém um dos mais aplicados (LEGHARI *et al.*, 2016; KUMAR *et al.*, 2022). Sendo assim, há um grande interesse em aumentar a eficiência no uso e aquisição de P (RAWAT *et al.*, 2021; WALSH *et al.*, 2023).

Diversas estratégias vêm sendo utilizadas para potencializar o uso de fertilizantes minerais fosfatados em vegetais, e com sucesso, aumentos significativos sob a eficiência no uso das plantas foram conquistados, sendo necessário romper novamente o efeito platô estabelecido (WANG *et al.*, 2021; WALSH *et al.*, 2023). Claramente considerando esta abordagem, aumentar indiscriminadamente o volume de fertilizantes fosfatados na agricultura não é uma estratégia sustentável para a agricultura. Sob diversos aspectos podemos inferir que incrementos discrepantes destes fertilizantes não resultam em

ganhos significativos de produtividade, pois os benefícios adicionais se tornaram limitados (RAWAT *et al.*, 2021). Assim, o caminho para sustentabilidade passará obrigatoriamente pela adoção de técnicas que aprimorem a disponibilidade de P às plantas e não pelo aumento no uso de fertilizantes.

Dentro os ramos de pesquisas com grande potencial para resolução deste paradigma, destaca-se as abordagens biotecnológicas que visam melhorar o crescimento e a saúde das plantas, como alternativas seguras e ecologicamente responsáveis, incluindo aquelas baseadas em microrganismos que possuem potencial para aumentar a biodisponibilidade de fosfato para as plantas no solo (ISLAM *et al.*, 2019).

Os microrganismos solubilizadores de fosfato (MSPs) desempenham um papel fundamental no ciclo do P no solo, sendo responsáveis por funções bioquímicas cruciais para a reciclagem e disponibilidade desse nutriente (SANTOS *et al.*, 2019; ARIF *et al.*, 2020). Com o objetivo de aumentar a disponibilidade de P e diminuir a dependência de fertilizantes químicos, a solubilização do P insolúvel por microrganismos capazes de solubilizar o fosfato tem se apresentado como uma alternativa na promoção do crescimento saudável das culturas e no aumento da produtividade agrícola (BONA *et al.*, 2018; ETESAMI; MAHESHWARI, 2018; ELHAISSOUFI *et al.*, 2022; GUPTA *et al.*, 2022).

Os MSPs podem ser encontrados naturalmente no solo, dentro das plantas ou na região da rizosfera, estabelecendo relações simbióticas com as plantas (HAMID *et al.*, 2021). Esses parceiros microbianos têm se destacado como aliados para a mitigação dos efeitos do uso indiscriminado de fertilizantes fosfatos, visto que, a matéria prima para produção dos fertilizantes são rochas fosfatadas que são bens finitos e não renováveis. O uso de ferramentas biotecnológicas para o isolamento, cultivo, formulação e aplicação de forma controlada dos MSPs tem possibilitado maximizar o rendimento das culturas por unidade de área e atingir os objetivos de segurança alimentar desejados, apresentando-se como uma abordagem sustentável e inovadora (HUNGRIA, 2015; SOUSA *et al.*, 2021).

Entendendo que a racionalização da utilização do P é uma questão de extrema importância, neste capítulo investiga-se na literatura a descrição do impacto e as principais funções desempenhadas pelos MSPs. Atenta-se à capacidade desses microrganismos em gerenciar eficazmente os nutrientes no solo e suas aplicações promissoras como bioinoculantes em práticas agrícolas.

Para uma melhor compreensão, o desenvolvimento deste capítulo foi dividido em seções distintas.

Nutrindo o futuro: A interdependência dos microrganismos solubilizadores de fosfato na segurança alimentar

A transição para sistemas agrícolas sustentáveis requer uma abordagem alinhada com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODs), priorizando a eficiência no uso de recursos, como o P, e a preservação do ecossistema. Os microbiomas do solo são aliados valiosos nesse objetivo, promovendo o uso responsável de nutrientes e a saúde do solo. A formação do microbioma da rizosfera das plantas é um processo complexo e dinâmico que reflete a interação entre as raízes das plantas e o ambiente do solo, acontecendo em diversos nichos ecológicos, e podendo ser considerada um verdadeiro feito da natureza, nos quais as plantas liberam uma diversidade de compostos orgânicos, chamados de exsudatos radiculares, que desempenham um papel fundamental na atração e sustentação de uma comunidade microbiana diversificada. Assim, os microrganismos presentes podem ser capazes de promover o crescimento das plantas por meio da mobilização e transporte de nutrientes essenciais, sendo considerados, portanto, agentes benéficos (ARIF *et al.*, 2020; ALIYAT *et al.*, 2022).

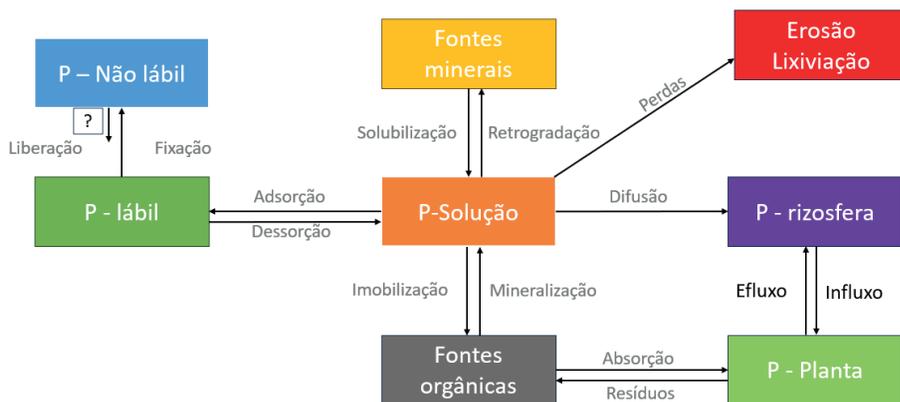
Os estudos sobre a diversidade de microrganismos no solo, incluindo os MSPs, estão em constante evolução e tem estimulado a descoberta de novas práticas agrícolas voltadas para a melhoria da produtividade, além do aprimoramento das tecnologias já disponíveis (SANTOS *et al.*, 2019; SILVA, *et al.*, 2023). Simultaneamente, a biotecnologia microbiana representa uma ferramenta promissora para o desenvolvimento de inoculantes e a criação de microbiomas sintéticos, envolvendo a seleção e cultivo de microrganismos benéficos e específicos capazes de aprimorar o crescimento e saúde do vegetal (BONA *et al.*, 2018). Dessa forma, os microrganismos podem ser projetados para atender às necessidades das plantas e do solo, resultando em inoculantes e biofertilizantes que contêm microrganismos customizados para otimizar o desempenho vegetal (SHARMA *et al.*, 2013; CHENG *et al.*, 2023; ZHAN *et al.*, 2023), além de tornar o P solúvel e disponível para a absorção das raízes das plantas (SINGH *et al.*, 2018; ALIYAT *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2023).

Estudos indicam a eficiência desses microrganismos em promover o crescimento das plantas e fortalecer a resistência a estresses ambientais (SINGH *et al.*, 2018; ALIYAT *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2023), impulsionando a produção de alimentos e reduzindo a necessidade de fertilizantes fosfatados, o que é um papel vital na resolução dos desafios globais relacionados à segurança alimentar e preservação dos recursos naturais (BONA *et al.*, 2018).

Fósforo e sua dinâmica no solo

A dinâmica do P no solo é um tema muitas vezes complexo, dada as diversas interdependências dos fatores no sistema solo-planta. No solo, o P ocorre predominantemente sob a forma de P mineral ou orgânica, ambas as formas podem aumentar ou diminuir P-Solução (NOVAIS *et al.*, 2007; PAVINATO *et al.*, 2020). A elevada capacidade de retenção do solo, juntamente com os processos de imobilização, precipitação e complexação, reduz o P disponível para as plantas. Para uma melhor compreensão dos processos observa-se a dinâmica do P na Figura 1.

Figura 1. Dinâmica do fósforo no sistema solo-planta.



Fonte: Adaptado de Novais *et al.* (2007).

A fonte mineral é o compartimento com significado mais prático, pois consiste na base de reposição de P no solo. A seta da solubilização de fosfato consiste no processo que normalmente ocorre após uma fertilização, onde

o P inorgânico será incorporado à solução do solo, estando passível de ser absorvido pelas raízes das plantas (NOVAIS *et al.*, 2007). No entanto, o processo contrário, chamado de retrogradação, pode ser observado em condições específicas como pH elevado, neste caso o P da solução é precipitado em formas de baixa solubilidade, o que reduz o P-Solução, aumentando o compartimento de fonte mineral. A adição de fertilizante fosfatados aumenta a quantidade de P no solo, mas não garante sua pronta disponibilidade para absorção, ao mesmo tempo que o acúmulo excessivo de P no solo a longo prazo é indesejável em contextos agrônômicos atuais (RIZVI *et al.*, 2021; SOLANGI *et al.*, 2023).

As fontes orgânicas também contribuem para modificações na disponibilidade de P-Solução, podendo atuar tanto como fonte como dreno de P. Quando ocorre o processo de mineralização dos resíduos de cultivos, o P liberado da biomassa contribui para aumento do P-Solução, mas por outro lado, o P-Solução também pode ser imobilizado de forma temporária pela sua incorporação à biomassa microbiana. Esta forma orgânica surge através do processo de imobilização mediado pelos MSPs, os quais convertem o P inorgânico em P orgânico, que é subsequentemente incorporado às células vivas (ALORI *et al.*, 2017; ALIYAT *et al.*, 2022).

Tanto as fontes orgânicas quanto os minerais de P podem aumentar a concentração de P-Solução, criando um desequilíbrio nas concentrações preexistentes, no entanto é importante observar que esse aumento na concentração de nutrientes na solução facilita o suprimento de P às plantas, influenciando a ocorrência do processo difusivo. O processo difusivo refere-se à movimentação de nutrientes do solo em direção às raízes das plantas, de modo que quando a concentração de nutrientes na solução do solo é elevada, as plantas podem absorver esses nutrientes com maior eficiência devido à diferença de concentração entre o solo e as raízes, favorecendo a difusão dos nutrientes em direção às raízes (NOVAIS *et al.*, 2007).

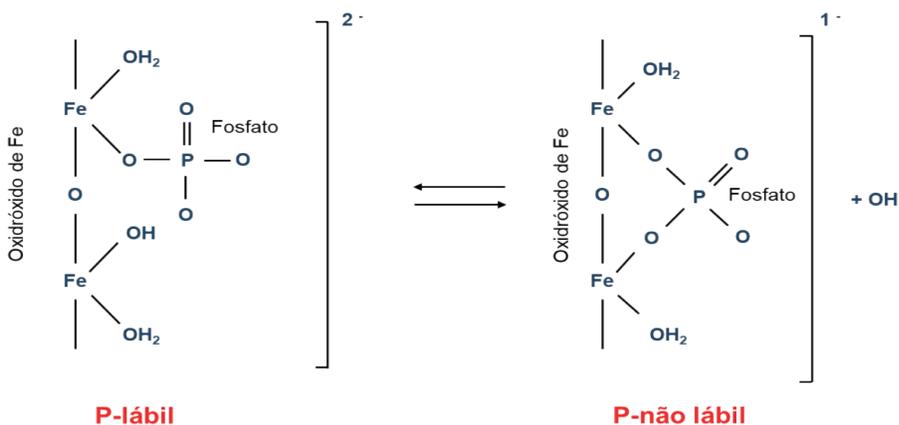
Simultaneamente um equilíbrio entre fase sólida e solução deve ser estabelecido, o qual é mediado num processo de adsorção formando o “estoque de P”, tecnicamente é nomeada como P-lábil, que pelo processo de dissorção repõe o P removido da solução, com objetivo de sempre buscar um novo equilíbrio entre fase sólida e solução (NOVAIS *et al.*, 2007). É importante ressaltar que os solos possuem diferentes sensibilidades a alterações no P-lábil ou P-solução,

diretamente relacionado à capacidade tampão do solo, e assim, este mecanismo atua de forma efetiva para controlar tanto excessos quanto carências dentro dos limites de cada solo.

Este processo de adsorção de P efetua-se em dois estágios: no primeiro tem-se uma fase rápida, que consiste num fenômeno de superfície (NOVAIS *et al.*, 2007), ocorrendo uma atração eletrostática inicial, onde o P inorgânico será adsorvido em hidróxidos de ferro (Fe) e alumínio (Al), silicatos de Al e carbonatos de cálcio (Ca), ocorre que esses compostos são praticamente insolúveis em água, o que contribui para o baixo nível de eficiência. Notavelmente, em solos tropicais e intemperizados, como a maior parte dos brasileiros, o P é frequentemente encontrado em maior abundância na forma de fosfatos de Al e Fe (HINSINGER, 2001). A disponibilidade do P-inorgânico está diretamente relacionada à sua solubilidade, um aspecto que pode ser influenciado pela atividade das raízes das plantas e pelos microrganismos presentes no solo (HAMMOND e WHITE, 2008).

Já a segunda fase da adsorção consiste numa fase lenta, onde ocorre o processo denominado de fixação, em que uma segunda ligação química do P seguida de uma penetração por difusão nas imperfeições da fase sólida, ficam totalmente indisponível às plantas (Figura 2). Neste processo ocorre a formação do que chamamos de P não lábil.

Figura 2. Adsorção de P e formação do P-não lábil.



Fonte: Agroadvance.com.

Vale ressaltar que tanto a fixação quanto a lixiviação do P no solo são influenciados por diversos fatores, mas quando fontes solúveis de P são adicionadas ao solo, várias interações podem ocorrer, levando à fixação ou adsorção de P (PAVINATO *et al.*, 2020). Cerca de 70-90% dos fertilizantes fosfatados aplicados às plantações se ligam ao solo na forma de cátions metálicos, compostos não assimiláveis pelas plantas, esse acúmulo excessivo de sais tem contribuído para o problema da salinidade, que é um dos estresses ambientais mais prejudiciais para o crescimento e desenvolvimento da maioria das plantas, resultando em reduções significativas no rendimento das colheitas em âmbito global (WALPOLA *et al.*, 2022).

Por fim, um outro fator que modifica o P-solução são os processos de remoção por perdas. Os solos estão naturalmente submetidos a perdas tanto por erosão quanto por lixiviação, sendo o último tendo efeito mais incisivo em solos de textura mais arenosas (NOVAIS *et al.*, 2007). A disponibilidade de P é um fator importante para o crescimento das plantas, e manter seu equilíbrio no solo é essencial para a nutrição das plantas.

O P acumulado no solo naturalmente se torna disponível para absorção pelas plantas, no entanto, é viável implementar estratégias de manejo, como a utilização de biofertilizantes contendo MSPs, para facilitar a sua biodisponibilidade, minimizar as perdas de P e, ao mesmo tempo, aprimorar a capacidade de absorção pelas plantas. É sem dúvida que os biofertilizantes fosfáticos podem aumentar significativamente o rendimento das culturas (RIZVI *et al.*, 2021).

Microrganismos solubilizadores de fosfato: mecanismos e benefícios

No solo o P é encontrado em duas principais formas: fósforo orgânico (Po) e fósforo inorgânico (Pi). Os microrganismos solubilizadores de fosfato exercem uma função multifacetada na solubilização do P, empregando uma variedade de mecanismos que o tornam acessível para absorção pelas plantas (CHEN *et al.*, 2016).

A massa microbiana presente nas frações orgânicas é uma fonte prontamente acessível às plantas, especialmente em solos com deficiência de P, nos quais microrganismos absorvem e imobilizam o P, liberando-o gradualmente no solo, uma vez que tanto a solubilização do Pi quanto a mineralização do Po são

processos cruciais para a disponibilidade de P. Além de seus efeitos diretos, esses parceiros biológicos contribuem para a otimização do uso de nutrientes, mantendo um equilíbrio entre as formas solúveis e insolúveis e que, a longo prazo, essa ação pode resultar em uma maior disponibilidade devido à liberação contínua e gradual do Pi (ZHAN *et al.*, 2023), com este aumento podendo levar a mudanças no crescimento e metabolismo das plantas.

Diversos microrganismos, tais como bactérias, fungos, cianobactérias e micorrizas, demonstram a capacidade de solubilizar fosfato no solo, por meio de fontes de carbono, como a glicose, através de processos de respiração oxidativa ou fermentação de compostos orgânicos, e em troca, empregam mecanismos que favorecem o crescimento vegetal (SHARMA *et al.*, 2013; CHEN *et al.*, 2016; ELHAISOUI *et al.*, 2022). Esses mecanismos incluem a liberação de compostos complexantes ou dissolventes de minerais, como ânions de ácidos orgânicos, sideróforos, prótons, íons hidroxila e CO₂ e a liberação de enzimas extracelulares para a mineralização bioquímica de P (GUPTA *et al.*, 2022; LI *et al.*, 2023).

A biodisponibilidade de P ocorre predominantemente via liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular no solo (RAWAT *et al.*, 2021), cita-se ácidos como glicólico, cítrico, láctico, entre outros, que dissolvem os fosfatos insolúveis por meio da quelação de cátions e competem por sítios de adsorção no solo (CHEN *et al.*, 2016). Uma vez produzidos, esses ácidos orgânicos têm a capacidade de reduzir o pH do ambiente ao redor das raízes das plantas, o que ajuda a dissolver os compostos de fosfato insolúvel, tornando o P disponível, podendo ser utilizado para divisão celular, crescimento de tecidos, ácidos nucleicos, síntese proteica, respiração, transdução de sinal, biossíntese, fosfolipídios, metabolismo de carbono, enzimas, transferência de energia e fotossíntese (SHARMA *et al.*, 2013; QIAO *et al.*, 2019; RAWAT *et al.*, 2021).

Os microrganismos reconhecidos como solubilizadores de fosfato atuam no processo de mineralização do fosfato à medida que a matéria orgânica se decompõe, sendo responsáveis pela síntese de enzimas denominadas fosfatases, cuja função primordial é a quebra das moléculas orgânicas que contêm P, convertendo-as em formas inorgânicas solúveis, esse processo resulta na liberação de fósforo, tornando-o acessível para as plantas (KOUR *et al.* 2019; SILVA *et al.*, 2023).

Os MSPs são estudados acerca da sua capacidade em estimular o crescimento vegetal, desempenhando um papel multifacetado, seja por meio da liberação de reguladores de crescimento, solubilização de nutrientes como fósforo, potássio e zinco, fixação biológica de nitrogênio, ou pela produção de metabólitos secundários como sideróforos, amônia e ácido cianídrico (HCN), que atuam como antagonistas contra microrganismos patogênicos (OLEŃSKA *et al.* 2020; WANG *et al.*, 2023). Esse aumento no P pode ativar rotas de sinalização, estimulando a expressão de genes responsivos ao estresse, aumentando a habilidade das plantas em tolerar e resistir a condições estressantes, como seca, salinidade, toxicidade de metais pesados e temperaturas extremas (HUNGRIA *et al.*, 2015; KUMAR *et al.*, 2022). Essa variedade de interações diretas e indiretas contribui de maneira significativa para a saúde e desenvolvimento das plantas.

Por exemplo, o etileno controla a formação da raiz regulando o transporte de auxina dentro da planta também é o principal hormônio de sinalização de estresse nas plantas. *Bacillus subtilis* já foram descritos quanto a sua capacidade em sintetizar ácido indol-3-acético e ácido giberélico, que vão atuar no alongamento do caule, aumento na germinação de sementes e volume de raízes, expansão da parte aérea, influenciando a divisão, expansão e diferenciação celular, além da produção de proteínas relacionadas à microrganismos fitopatogênicos, atuando na defesa sistêmica nas plantas (CHOWDAPPA *et al.* 2013; OLEŃSKA *et al.* 2020).

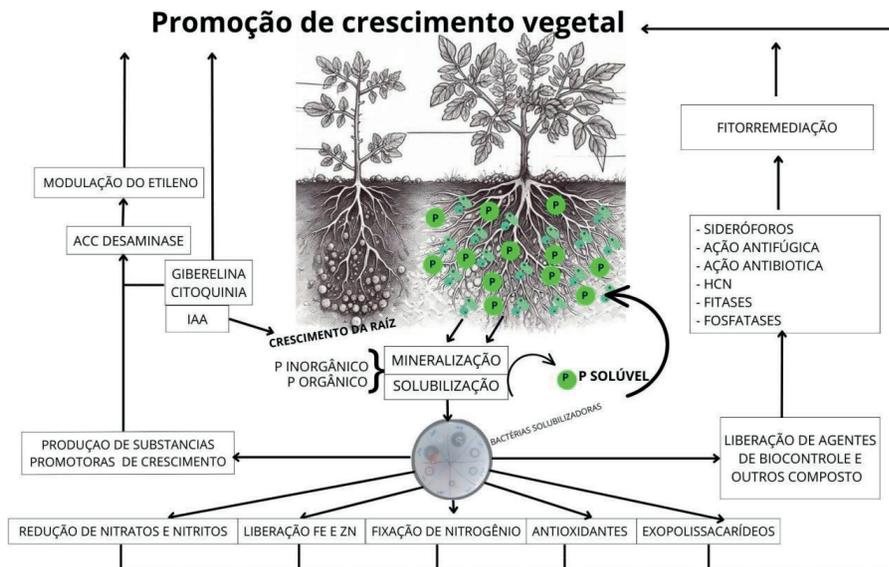
Algumas cepas bacterianas possuem a capacidade de produzir compostos com propriedades antifúngicas e antibióticas (CHOWDAPPA *et al.* 2013) e auxiliam as plantas a tolerar condições de estresse por meio da produção de exopolissacarídeos, diversos fitohormônios, como o 1-aminociclopropano-1-carboxilato (ACC) desaminase, superóxido dismutase (SOD) e vários compostos voláteis, induzindo o acúmulo de osmólitos e antioxidantes, além de regular genes responsivos ao estresse e influenciar a morfologia das raízes (KOUR *et al.* 2019; OLEŃSKA *et al.* 2020).

Como exemplo, cita-se *Burkholderia tropica*, uma bactéria que se destacou pela notável habilidade em fixar nitrogênio, reduzir nitratos e nitritos, produzir sideróforos e exopolissacarídeos (BOLÍVAR-ANILLO *et al.*, 2016). Além disso, influencia diretamente os eventos fisiológicos e moleculares das

plantas, contribuindo para a saúde geral, o crescimento robusto e a resistência a condições adversas.

Outra atribuição a esses microrganismos, é a excelência como bio-sorventes para contaminantes metálicos, com capacidade de adsorver e acumular metais tóxicos, como chumbo, mercúrio e cádmio, é resultado de estratégias de ligação e precipitação que as tornam particularmente eficazes na descontaminação de solos e águas poluídas. Em situações de exposição extrema a metais, nos quais íons tóxicos competem com nutrientes importantes, as bactérias associadas às plantas têm a capacidade de otimizar a aquisição de nutrientes e este processo resulta no aumento da disponibilidade de nutrientes, favorecendo incremento da biomassa vegetal (OLEŃSKA *et al.* 2020) seja por meio da remoção ou da degradação de contaminantes, desempenhando um papel importante na manutenção de seu equilíbrio ecológico. A Figura 3 apresenta os principais mecanismos envolvidos no estímulo do crescimento vegetal, mediado pelos MSPs que apresentam uma conversa cruzada.

Figura 3. Mecanismos envolvidos no estímulo do crescimento de plantas sob a influência das MSPs.



Fonte: Os autores.

Microrganismos solubilizadores de fosfato e participação na nutrição de plantas

Manter um nível adequado de fornecimento de P na zona radicular pode maximizar a eficiência das raízes das plantas em mobilizar e adquirir P da rizosfera por meio de uma integração de estratégias biológicas como MSPs que podem tornar mais eficiente os sistemas agrícolas. Conforme discutido, a maior parte do P no solo se move até as raízes por difusão, sendo assim, seu movimento no solo é muito limitado (1-2mm), e apenas o P que se encontra a esta curta distância será absorvido (NOVAIS *et al.*, 2007). Por isso, as plantas adotam algumas estratégias para aumentar esta capacidade de absorção, dentre as quais destaca-se: o incremento da área superficial das raízes, associações com micorrizas, formação da zona de depleção e atuação de mecanismos de exsudação de ácidos orgânicos. Quando presente na região da rizosfera o P será absorvido predominantemente nas formas $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} e a absorção de P do solo é rápida, ocorrendo de forma majoritária via transportadores específicos em sistemas do tipo simporte com prótons H^+ (NOVAIS *et al.*, 2007).

O P nas plantas está envolvido na regulação de diversos processos diretamente ligado com a nutrição de plantas, inclusive na participação no próprio processo de absorção de nutrientes (HAMMOND e WHITE, 2008). Esta função está relacionada à sua participação direta na ativação das H^+ -ATPase da membrana plasmática, criando o gradiente eletroquímico entre o apoplasto e o citosol (GUPTA *et al.*, 2022).

Porém, inúmeras outras funções são listadas para o P, tais como sua relação com a síntese de carbono, fixação de nitrogênio, ativação de proteínas, componente estrutural de nucleotídeos, atuação na fotossíntese e respiração, sua função como componente integral de membranas e moléculas envolvidas em transferência de energia (SOLANGI *et al.*, 2023). No floema, o P pode facilmente ser remobilizado dentro da planta, devido à sua alta mobilidade, deste modo, quando há deficiência interna do nutriente, o P pode ser translocado do tecido antigo da planta para áreas novas, ativamente crescentes e, por este fato, os sintomas de deficiência iniciam-se nas folhas velhas.

O P do solo é geralmente considerado o menos móvel de todos os nutrientes das plantas, devido a uma série de processos físico-químicos - precipitação,

adsorção e dessorção- que resultam na formação de complexos químicos que dificultam a sua mobilidade e disponibilidade para as plantas. Essa baixa disponibilidade faz com que os agricultores, que buscam altos índices produtivos, utilizem principalmente fertilizantes minerais fosfatados, que normalmente consistem em formulações imediatamente biodisponíveis derivadas de depósitos minerais ricos em P, que passam por processamento físico e químico. Surpreendentemente, cerca de 70% das 45 milhões de toneladas de fertilizantes fosfatados aplicados anualmente não são efetivamente absorvidos pelas culturas, destacando desafios significativos na eficiência do uso de nutrientes nas práticas agrícolas (RIZVI *et al.* 2021; WALSH *et al.*, 2023).

O uso de biofertilizantes que contêm MSPs e/ou moléculas com características próximas é uma estratégia promissora para melhorar a produtividade das plantas, aumentar a resistência a estresses ambientais - incluindo o estresse térmico e hídrico - e proporcionar proteção adicional contra altas temperaturas - podendo ajudar as plantas a enfrentarem com mais resiliência os eventos de secas e ondas de calor intensos - (HUNGRIA *et al.*, 2015; KUMAR *et al.*, 2022). Nos atuais sistemas de cultivo, a combinação de biofertilizantes com fertilizantes minerais pode ser uma estratégia eficaz para otimizar o suprimento de nutrientes às plantas e minimizar a dependência de fertilizantes químicos sintéticos, beneficiando o ambiente e também reduzindo os custos para os agricultores, tornando a agricultura economicamente mais viável.

Além disso, a natureza sustentável desta abordagem assegura que as práticas agrícolas estão alinhadas com os objetivos ambientais a longo prazo, de forma que ao aproveitar o poder destes microrganismos em conjunto com fertilizantes minerais, pode-se promover a saúde e a fertilidade do solo, contribuindo, em última análise, para um sistema alimentar mais sustentável e resiliente. No entanto, é importante destacar que a gestão adequada dessas práticas, a escolha dos produtos certos e a integração em práticas agrícolas sustentáveis são fundamentais para obter os melhores resultados aliados as tecnologias de reciclagem de nutrientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A persistente utilização de fertilizantes químicos fosfatados, agravada pelo risco de fenômenos meteorológicos extremos resultantes das mudanças climáticas, têm o potencial de aumentar ainda mais as taxas de perda de P no solo. Portanto, aprimorar a eficiência do uso de P na agricultura deve ser uma prioridade central para todas as sociedades e nações, a fim de enfrentar esses desafios ambientais crescentes. É inquestionável o papel fundamental dos microrganismos do solo na ciclagem de P nos sistemas solo-planta e na nutrição das plantas.

À medida que as pesquisas avançam espera-se que continuem fortalecendo o conhecimento sobre a gestão das populações de microrganismos, com o objetivo de otimizar a capacidade de mobilização de nutrientes. Essa otimização pode ser alcançada através do uso de inoculantes microbianos específicos, isolados ou consorciados, bem como da aplicação de técnicas de engenharia genética e ferramentas moleculares. Tais avanços terão um impacto significativo na promoção da sustentabilidade agrícola e no aprofundamento do entendimento sobre a função dos ecossistemas, podendo-se projetar que um número crescente de produtos biotecnológicos seja lançado no mercado nos próximos anos, impulsionando ainda mais a agricultura sustentável.

Os biofertilizantes à base de MSPs são consideradas promissoras, pois reduzem os custos na produção agrícola e sua utilização destaca-se como uma prática ambientalmente responsável no contexto da sustentabilidade. Para aumentar ainda mais sua aplicabilidade, estudos podem ser direcionados para otimizar a eficiência no uso de diferentes cepas de MSPs, visando promover o crescimento vegetal por meio da solubilização de fosfato em diferentes condições ambientais. Ademais, o desenvolvimento de MSPs revestidos com nanopartículas biodegradáveis podem garantir uma distribuição eficiente desses biofertilizantes no solo.

Agradecimentos

Ao Centro de Ciências Agrárias Engenharias e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças

(NUDEMAFI) da Universidade Federal do Espírito Santo, *Campus Alegre*, nas dependências dos quais os experimentos ocorreram, o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ALIYAT, F. Z. *et al.* Phosphate-solubilizing bacteria isolated from phosphate solid sludge and their ability to solubilize three inorganic phosphate forms: Calcium, iron, and aluminum phosphates. *Microorganisms*, v. 10, n. 5, p. 980, 2022. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10050980>
- ALORI, E. T. *et al.* Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in microbiology*, v. 8, p. 971, 2017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00971>
- ARIF, I.; BATOOL, M.; SCHENK, P. M. Plant microbiome engineering: expected benefits for improved crop growth and resilience. *Trends in Biotechnology*, v. 38, n. 12, p. 1385-1396, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.04.015>
- BOLÍVAR-ANILLO, H. J., *et al.* *Burkholderia tropica* UNA BACTERIA CON GRAN POTENCIAL PARA SU USO EN LA AGRICULTURA. *Tip revista especializada en ciencias químico-biológicas*, v. 19, n. 2, p. 102-108, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.recqb.2016.06.003>
- BONA, E. *et al.* Combined bacterial and mycorrhizal inocula improve tomato quality at reduced fertilization. *Scientia Horticulturae*, v. 234, p. 160-165, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.026>
- CHEN, W. *et al.* Organic acid secretion and phosphate solubilizing efficiency of *Pseudomonas* sp. PSB12: Effects of phosphorus forms and carbon sources. *Geomicrobiology Journal*, v. 33, n. 10, p. 870-877, 2016. <https://doi.org/10.1080/01490451.2015.1123329>
- CHENG, Y. *et al.* Phosphate-solubilizing bacteria: Their agroecological function and optimistic application for enhancing agro-productivity, *Science of The Total Environment*, Volume 901, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166468>
- CHOWDAPPA, P. *et al.* Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological control*, v. 65, n. 1, p. 109-117, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.11.009>
- ELHAISSOUFI, W. *et al.* Phosphate bacterial solubilization: A key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. *Journal of Advanced Research*, v. 38, p. 13-28, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.08.014>
- ETESAMI, H.; MAHESHWARI, D. K. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 156, n. 30, p. 225-246, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.03.013>

- GUPTA, R., *et al.* "Identification, characterization and optimization of phosphate solubilizing rhizobacteria (PSRB) from rice rhizosphere. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 29, n.1, p. 35-42, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.075>
- HAMID, B. *et al.* Bacterial plant biostimulants: a sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. *Sustainability*, v. 13, n. 5, p. 2856, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13052856>
- HAMMOND, J. P.; WHITE, P. J. Sucrose transport in the phloem: integrating root responses to phosphorus starvation. *Journal of experimental botany*, v. 59, n. 1, p. 93-109, 2008. <https://doi.org/10.1093/jxb/erm221>
- HINSINGER, P. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and Soil*, v. 237, p. 173-195, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1013351617532>
- HUNGRIA, M. *et al.* Soybean seed co-inoculation with Bradyrhizobium spp. and Azospirillum brasilense: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. *American Journal of Plant Sciences*, v. 6, n. 06, p. 811, 2015. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.66087>
- KOUR, D. *et al.* Drought-tolerant phosphorus-solubilizing microbes: biodiversity and biotechnological applications for alleviation of drought stress in plants. In: **Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Sustainable Stress Management . Microorganisms for Sustainability**, Springer, Singapore.v. 12, p. 255-308, 2019. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6536-2_13
- KUMAR, S. *et al.* Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, v. 3, p. 100094, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2021.100094>
- ISLAM, M. K. *et al.* Isolation and molecular characterization of phosphate solubilizing filamentous fungi from subtropical soils in Okinawa. *Applied Ecology & Environmental Research*, v. 17, n. 4, 2019. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1704_91459157
- LEGHARI, S. J. *et al.* Depletion of phosphorus reserves, a big threat to agriculture: challenges and opportunities. *Science International*, v. 28, n. 3, 2697-2702, 2016.
- LI, H. *et al.* Roles of phosphate-solubilizing bacteria in mediating soil legacy phosphorus availability. *Microbiological Research*, v. 272, p. 127375, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2023.127375>
- NOVAIS, R. F. *et al.* Fósforo. In: **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 471-537, 2007.
- OLEŃSKA, E. *et al.* Beneficial features of plant growth-promoting rhizobacteria for improving plant growth and health in challenging conditions: A methodical review. *Science of the Total Environment*, v. 743, p. 140682, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140682>
- PAVINATO, P. S. *et al.* Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. *Scientific Reports*, v. 10, n. 1, p. 15615, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72302-1>
- QIAO, H. *et al.* The phosphate-solubilizing ability of *Penicillium guanacastense* and its effects on the growth of *Pinus massoniana* in phosphate-limiting conditions. *Biology Open*, v. 8, n. 11, p. bio046797, 2019. <https://doi.org/10.1242/bio.046797>
- RAWAT, P. *et al.* Phosphate-solubilizing microorganisms: mechanism and their role in phosphate solubilization and uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 21, p. 49-68, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.699618>

- RIZVI, A. *et al.* Sorghum-phosphate solubilizers interactions: crop nutrition, biotic stress alleviation, and yield optimization. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, p. 746780, 2021. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.746780>
- SHARMA, S. B. *et al.* Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, v. 2, n.1, 2013. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-587>
- SANTOS, M. S. *et al.* Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *Amb Express*, v. 9, p. 1-22, 2019. <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0932-0>
- SILVA, L. I. *et al.* Phosphorus-Solubilizing Microorganisms: A Key to Sustainable Agriculture. *Agriculture*, v. 13, n. 2, p. 462, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020462>
- SOLANGI, F. *et al.* The Global Dilemma of Soil Legacy Phosphorus and Its Improvement Strategies under Recent Changes in Agro-Ecosystem Sustainability. *ACS omega*, v. 8, n. 26, p. 23271-23282, 2023. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c00823>
- SOUSA, S. M. *et al.* Tropical Bacillus strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, p. 867-877, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10146-9>
- SINGH, V. K. *et al.* Interaction of plant growth promoting bacteria with tomato under abiotic stress: a review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 267, p. 129-140, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.08.020>
- WALPOLA, B. C. *et al.* Phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms: Insight into the mechanisms. *Korean Journal of Agricultural Science*, v. 49, p.1-19, 2022. <https://doi.org/10.7744/kjoas.20220041>
- WALSH, M. *et al.* Realising the circular phosphorus economy delivers for sustainable development goals. *npj Sustainable Agriculture*, v. 1, n. 2, p. 2, 2023. <https://doi.org/10.1038/s44264-023-00002-0>
- WANG, Y. *et al.* Long-term cover crops improved soil phosphorus availability in a rain-fed apple orchard. *Chemosphere*, v. 275, p. 130093, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130093>
- WANG, C. *et al.* Phosphorus solubilizing microorganisms: potential promoters of agricultural and environmental engineering. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 11, p. 1181078, 2023. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2023.1181078>
- ZHAN, Y. *et al.* Co-inoculation of phosphate-solubilizing bacteria and phosphate accumulating bacteria in phosphorus-enriched composting regulates phosphorus transformation by facilitating polyphosphate formation. *Bioresource Technology*, v. 390, p. 129870, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129870>

REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL ENRAIZAMIENTO DE ESQUEJES DE COLLE (*BUDDLEJA CORIACEA* R.)

Brenda Leona Navarro Pablo
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

Erika Rocío Arauco Cordova
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

Josué Hernán Inga Ortiz
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

Fernando James Alvarez Rodríguez
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

Alfredo Rubén Bernal Marcelo
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

Toribio Hurtado Alvarado
Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC)

RESUMO

Objetivo: Determinar el efecto de los reguladores de crecimiento en el enraizamiento de esquejes de colle. **Métodos:** El diseño estadístico utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones, el sustrato se preparó en una proporción 2:2:1 de tierra agrícola, tierra negra y arena, se aplicó fertilizantes de acuerdo con el análisis del sustrato. **Resultados:** Las características morfológicas de las plantas de colle en vivero con la aplicación de reguladores de crecimiento mejoran significativamente en el número de hojas, altura de plantas, diámetro de tallo y longitud de raíces. La masa radicular y foliar de cada tratamiento en estudio se incrementó positivamente. La precocidad de formación de plantas de colle listas para el trasplante mejoró en diecisiete días con respecto al tratamiento control con la aplicación de reguladores de crecimiento. **Conclusión:** Se determinó el efecto positivo de los reguladores de crecimiento en el enraizamiento de esquejes de Colle en condiciones de Cajamarquilla - Pasco.

Palabras-clave: Colle, Reguladores de Crecimiento, Enraizamiento, Pasco.

INTRODUCCIÓN

El colle (*Buddleja coriacea* R.) está distribuido en la sierra del Perú y es un arbusto que complementa los ecosistemas altoandinos, siendo muy apreciado por los habitantes de esta región. Es considerado como planta medicinal por el alto contenido de fenilpropanoides, que son metabolitos secundarios de las plantas que desempeñan funciones vitales para su desarrollo actuando como componentes esenciales de las paredes celulares, protectores contra radiación ultravioleta, fitoalexinas contra herbívoros y patógenos (AGAR, 2020).

Las hormonas son moléculas orgánicas que se producen en una región de la planta que normalmente viajan a otra región, donde se encargan de iniciar, finalizar, acelerar o desacelerar algún proceso vital (SALISBURY y ROSS, 1992). Debido a que actúan en pequeñas cantidades, las hormonas se incluyen en los reguladores del crecimiento de las plantas, ya que en dosis bajas controlan el crecimiento de las plantas, pero el término sólo es válido para sustancias no sintéticas, es decir, fitohormonas.

De las fitohormonas - etileno, giberelinas, citoquininas, auxinas e inhibidores del crecimiento, como el ácido abscísico – las auxinas son los que tienen el mayor efecto sobre la formación de raíces (HARTMANN y KESTER, 1990), sin embargo, las síntesis de citoquinina y giberelinas también son importantes durante la formación de las raíces. La citoquinina trabajar para promover la división celular en el meristemo (ARYA *et al.*, 2022) y las giberelinas desempeñan funciones importantes en la elongación de las raíces laterales (ALCANTARA-CORTES *et al.*, 2019), lo cual permitiría soportar mejor el estrés hídrico.

La formación de callo y posterior aparición de raíces está condicionada con la modificación del cuadro hormonal, juntamente con otros factores de crecimiento. Para que esto ocurra es necesario el cumplimiento de una serie de importantes modificaciones en el proceso del cuadro hormonal. La ausencia de estas modificaciones o la inhibición por factores endógenos puede determinar que no haya formación de raíces. En dicho cuadro desarrollan un papel fundamental los fitoreguladores endógenos, principalmente las auxinas (PINO, 2002).

En este campo se ha llevado a cabo una investigación larga e intensa y se ha experimentado numerosos compuestos junto a las auxinas. En el mercado existen muchas presentaciones de reguladores de crecimiento y es necesario

definir cuál es la más adecuada. Considerando lo anterior, el presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de determinar el efecto de los reguladores de crecimiento en el enraizamiento de esquejes de colle bajo condiciones de Cajamarquilla en la Provincia de Pasco, Perú.

MÉTODOS

Área experimental

El experimento se instaló el 10 de marzo del 2020 y se trasladó a campo definitivo el 15 de setiembre del mismo año, en el Centro Poblado de Cajamarquilla perteneciente a la provincia de Pasco, Perú a una altitud de 3240 msnm, situado en las coordenadas 10°31'54.9" S y 76°11'5" W, durante el experimento la precipitación fue de 586.9 mm y la temperatura máxima de 12.2 °C y la mínima de -1.9 °C.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con siete tratamientos: T1 Triggrr (0.5 L/200 L de agua, Citoquininas + Giberelinas + Auxinas) T2 Root hor (250 ml/200 litros de agua, Acido Alfa Naftaleno Acético AIB + ANA) T3 Gib – bex (150 ml/200 litros de agua, Giberelinas + Extracto de algas) T4 Go crop (50 ml/ 20 litros de agua, Citoquininas + precursores de auxinas y giberelina), T5 Ercrop (1L/200 litros de agua, Ac. Alginico Citoquininas Auxinas + Giberelinas), T6 Megaroot (1 L/200 litros de agua, Bio Auxinas + Bio giberelinas) y T7 Testigo (sin regulador de crecimiento).

Instalación y conducción del experimento

Se realizó la labor de limpieza de terreno por la presencia de malezas, luego se procedió a demarcar el área del terreno, bloques y de cada parcela experimental. Los esquejes de colle se recolectaron de plantas madre de la comunidad de Cajamarquilla, todos midieron 16 a 18 cm de largo y un grosor o diámetro de 0.4 a 0.5 cm. Para realizar la propagación del colle se desinfectó

los esquejes con captan a razón de 10 g/20 litros de agua. Luego se sumergió los esquejes en cada uno de los tratamientos según el planteamiento del experimento y posteriormente fueron sembrados en bolsas, cada tratamiento estuvo constituido de 54 bolsas, con un diámetro de 12 cm y el alto de 18 cm. Durante el experimento se realizó el control de malezas en forma manual, no se tuvo presencia de plagas tampoco de enfermedades a los seis meses los esquejes se encontraban aptos para su traslado a campo definitivo.

Características evaluadas

Se evaluaron las siguientes características: el porcentaje de prendimiento contando los esquejes que hayan prendido a los 15 días después de haber plantado; el número de hojas a los 150 días; la altura de planta a los 150 días; el diámetro de tallo a los 150 días después de la instalación; la medición de longitud de la raíz a los 150 días después de la instalación; se determinó el peso de la masa radicular (raíces) a los 150 días; el peso de la masa foliar (hojas) a los 150 días; y el número de días a la producción de plántones contando los días hasta que las plantas estuvieran listas para el trasplante.

Análisis estadísticos

Los datos obtenidos para las distintas variables fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA, $\alpha \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS Sistem Análisis Statidstical, mediante el modelo general lineal. Además, se realizó la prueba de Tukey para la comparación de medias.

RESULTADOS

Los resultados estadísticos se muestran en las tablas siguientes e indican el análisis de varianza, así como la prueba de comparaciones múltiples para discriminar el orden de mérito entre los tratamientos:

Tabla 1. Análisis de varianza para el porcentaje de prendimiento en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.03	0.01	2.14	3.88	n.s.
Trat.	6	0.44	0.07	11.81	2.99	*
Error	12	0.07	0.01			
Total	20	0.54				

CV: 7.41% S=0.86 \bar{X} : 1.06

Fonte: Autores (2023).

Tabla 2. Prueba de Tukey para el porcentaje de prendimiento en esquejes de colle.

O. M	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (%)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T2	Root hor	95.6	a
2	T1	Trigrr	94.0	a
3	T6	Megaroot	89.6	a b
4	T5	Ercrop	87.0	a b c
5	T3	Gib - bex	81.3	b c
6	T7	Sin regulador de crecimiento	80.6	b c
7	T4	Go crop	75.3	c

Fonte: Autores (2023).

Tabla 3. Análisis de varianza para el número de hojas a los 150 días en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.383810	0.191905	0.80	3.88	n.s.
Trat.	6	1123.916190	187.319365	777.92	2.99	*
Error	12	2.889524	0.240794			
Total	20	1127.189524				

CV: 1.43% S=0.49 \bar{X} : 34.26

Fonte: Autores (2023).

Tabla 4. Prueba de Tukey para número de hojas a los 150 días en esquejes de colle.

O. M	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (%)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T1	Trigrr	46.2	a
2	T5	Ercrop	42.6	b
3	T6	Megaroot	36.4	c
4	T4	Go crop	32.3	d
5	T3	Gib - bex	29.7	e
6	T2	Root hor	26.4	f
7	T7	Sin regulador de crecimiento	25.9	f

Fonte: Autores (2023).

Tabla 5. Análisis de varianza para altura de planta a los 150 días en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.3407524	0.1703762	1.91	3.88	n.s.
Trat.	6	181.0948571	30.1824762	338.78	2.99	*
Error	12	1.0691143	0.0890929			
Total	20	182.5047238				

CV: 0.66% S=0.29 \bar{X} : 45.2

Fonte: Autores (2023).

Tabla 6. Prueba de Tukey para altura de planta a los 150 días en esquejes de colle.

OM	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (cm)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T1	Triggrr	49.2	a
2	T5	Ercrop	47.2	b
3	T6	Megaroot	47.1	b c
4	T3	Gib - bex	46.3	c
5	T2	Root hor	44.3	d
6	T4	Go crop	41.7	e
7	T7	Sin regulador de crecimiento	40.5	f

Fonte: Autores (2023).

Tabla 7. Análisis de varianza para el diámetro de tallo a los 150 días en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.0008	0.0004	3.6	3.88	n.s.
Trat.	6	0.01	0.0013	11.89	2.99	*
Error	12	0.0013	0.00011			
Total	20	0.01				

CV: 1.79% S= 0.07 \bar{X} : 0.59

Fonte: Autores (2023).

Tabla 8. Prueba de Tukey para el diámetro de tallo a los 150 días en esquejes de colle.

OM	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (cm)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T4	Go crop	0.62	a
2	T1	Triggrr	0.60	a b
3	T2	Root hor	0.60	a b
4	T6	Megaroot	0.58	b c
5	T5	Ercrop	0.58	b c
6	T3	Gib - bex	0.57	c
7	T7	Sin regulador de crecimiento	0.56	c

Fonte: Autores (2023).

Tabla 9. Análisis de varianza para longitud de raíz a los 150 días en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.0415143	0.0207571	0.08	3.88	n.s.
Trat.	6	395.0972286	65.8495381	239.16	2.99	*
Error	12	3.3040857	0.2753405			
Total	20	398.4428286				

CV: 1.88% S=0.52 \bar{X} : 27.85

Fonte: Autores (2023).

Tabla 10. Prueba de Tukey para longitud de raíz a los 150 días en esquejes de colle.

OM	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (cm)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T2	Root hor	35.0	a
2	T1	Triggrr	32.3	b
3	T4	Go crop	29.4	c
4	T6	Megaroot	27.4	d
5	T5	Ercrop	24.2	e
6	T3	Gib - bex	23.6	e f
7	T7	Sin regulador de crecimiento	22.7	f

Fonte: Autores (2023).

Tabla 11. Análisis de varianza para masa radicular a los 150 días en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.02666667	0.01333333	0.37	3.88	n.s.
Trat.	6	98.55904762	16.42650794	462.00	2.99	*
Error	12	0.42666667	0.03555556			
Total	20	99.01238095				

CV: 3.37% S=0.18 \bar{X} : 5.58

Fonte: Autores (2023).

Tabla 12. Prueba de Tukey para masa radicular a los 150 días en esquejes de colle.

OM	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (g)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T2	Root hor	8.2	a
2	T1	Triggrr	8.2	a
3	T4	Go crop	7.2	b
4	T6	Megaroot	4.8	c
5	T5	Ercrop	4.8	c
6	T3	Gib - bex	2.9	d
7	T7	Sin regulador de crecimiento	2.76	d

Fonte: Autores (2023).

Tabla 13. Análisis de varianza para masa foliar a los 150 días en esquejes de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	0.04095238	0.02047619	0.16	3.88	n.s.
Trat.	6	48.52666667	8.08777778	62.25	2.99	*
Error	12	1.55904762	0.12992063			
Total	20	50.12666667				

CV: 6.28% S=0.36 \bar{X} : 5.73

Fonte: Autores (2023).

Tabla 14. Prueba de Tukey para masa foliar a los 150 días en esquejes de colle.

OM	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (g)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T5	Ercrop	7.9	a
2	T1	Triggrr	7.7	a
3	T6	Megaroot	6.4	b
4	T3	Gib - bex	4.8	c
5	T4	Go crop	4.7	c
6	T2	Root hor	4.3	c
7	T7	Sin regulador de crecimiento	4.0	c

Fonte: Autores (2023).

Tabla 15. Análisis de varianza para el número de días a la producción de plántones de colle.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.	Sig. $\alpha=0.05$
Bloques	2	33.2380952	16.6190476	6.63	3.88	n.s.
Trat.	6	615.6190476	102.6031746	40.91	2.99	*
Error	12	30.0952381	2.5079365			
Total	20	678.9523810				

CV: 1.0 % S=1.58 \bar{X} : 157.04

Fonte: Autores (2023).

Tabla 16. Prueba de Tukey para número de días a la producción de plántones de colle.

OM	Trat.	Reguladores de crecimiento	Promedio (n°)	Sig. $\alpha=0.05$
1	T7	Sin regulador de crecimiento	167.0	a
2	T4	Go crop	160.6	b
3	T2	Root hor	158.6	b
4	T3	Gib - bex	157.6	b
5	T5	Ercrop	153.0	c
6	T6	Megaroot	152.6	c
7	T1	Triggrr	149.6	c

Fonte: Autores (2023).

DISCUSIÓN

En relación con el porcentaje de prendimiento el tratamiento T2, que contiene ácido alfa naftaleno acético y ácido indol butírico, obtuvo el mayor porcentaje con 95.6%, sin embargo, Enríquez Cerón (2015) en condiciones de Ecuador usando la misma hormona logró el prendimiento de 80% de esquejes en colle, esto se debe a las condiciones ambientales que afectan el metabolismo de la planta.

Al respecto del número de hojas por planta, el mejor tratamiento fue T1 con auxinas, giberelinas y citoquininas, con 46 hojas por planta a los 150 días. Hecho por Villca (2006) a los 120 días reporta que el colle formó 19.2 hojas por planta, concuerdan con la investigación ya que según va desarrollando la planta va formando más hojas. Los esquejes herbáceos sin sus hojas originales, en la etapa inicial de enraizamiento, no realizan la fotosíntesis y, sin nuevas raíces o brotes, mueren rápidamente, por lo que en la presente investigación se demuestra que el uso de reguladores de crecimiento presenta un efecto positivo (MAYER *et al.*, 2018).

La variable altura de planta fue evaluada hasta los 150 días, la mejor altura lo obtuvo el tratamiento T1, con auxinas, giberelinas y citoquininas, con 49.2 cm, lo que difiere de Villca (2006) que a los 120 días reporta 25.36 cm de altura lo cual no concuerda con la investigación donde a los 120 días se tuvo una altura de 43.8 cm. Esta diferencia se debe a las condiciones ambientales y el efecto del enraizador, ya que el tratamiento sin enraizador obtuvo un valor de 31.9 cm a los 120 días.

En la presente investigación el diámetro a los 60 días aumentó de 0.5 a 0.57 cm en el mejor tratamiento que fue T4, con citoquininas + precursores de auxinas y giberelina, es decir un incremento de 0.07 cm y a los 150 días el tratamiento presentó 0.62 cm de diámetro y se incrementó en 0.12 cm con respecto al inicial que fue 0.5 cm. Un resultado similar fue obtenido por Villca (2006) reporta que a los 120 días no hubo un incremento en el diámetro del tallo de los plantones de colle, ya que el incremento es mínimo del orden de 0.12 cm en 150 días y es debido a las condiciones ambientales y al buen enraizamiento de la planta lo cual le permite desarrollarse adecuadamente. De acuerdo con

Alcocer (2013) usando bioestimulantes reporta un diámetro de tallo de planta de 1.46 cm a los 135 días.

En cuanto a la longitud de raíz a los 90 días el tratamiento T1, con auxinas, giberelinas y citoquininas, alcanzó 14.8 cm y a los 150 días el mejor tratamiento lo tuvo T2, que contiene ácido alfa naftaleno acético y ácido indol butírico, con 35 cm de longitud. Villca (2006) reporta 10.6 cm a los 120 días lo cual no concuerda con la presente investigación y se debe al efecto de los enraizadores y el sustrato que se usó fue enriquecido con NPK lo cual favoreció su desarrollo.

En la presente investigación se tuvo un valor máximo de peso o masa radicular de 8.2 g en tratamientos T2, con ácido indol butírico y ácido alfa naftaleno acético, y T1, con auxinas, giberelinas y citoquininas, y es superior con respecto al T7, sin regulador de crecimiento, que alcanzó 2.76 g por lo que se demuestra que el uso de enraizadores promueve el crecimiento de raíces tres veces más, los datos concuerdan con lo reportado por Chalapathi *et al.* (2001) quienes reportaron un aumento de enraizamiento, número de raíces por corte, longitud de raíz, grosor de raíz, peso fresco y seco de raíces usando ácido indol butírico.

En cuanto a la masa foliar en la presente investigación el tratamiento T5, con ac. alginico citoquininas auxinas + giberelinas, logró 7.9 g siendo el valor más alto a los 150 días, siendo el doble con respecto al T7, sin enraizador, que logró 4.0 g de masa foliar. Fragoso *et al.* (2015) manifiestan que con hojas originales adheridas al esqueje y/o emisión de nuevos brotes, se continúa con el proceso fotosintético y elaboración de prohormonas, fundamental para el enraizamiento de esquejes, pues los ápices en crecimiento, las hojas jóvenes y los brotes son sitios de síntesis de ácido indol-acético, una auxina endógena que contribuye a la formación de raíces (HARTMANN y KESTER, 1990).

De acuerdo con Enríquez Cerón (2015) 90 días después de la propagación las plantas de colle podrían ser trasplantadas a campo definitivo, ya Villca (2006) menciona que a los 120 días las plantas de colle están listas para el trasplante y para Alcocer (2013) son necesarias 180 días para que el colle sea trasplantado. En la presente investigación se reporta que se logró la producción a los 150 días en el tratamiento T1, auxinas, giberelinas y citoquininas, logrando disminuir diecisiete días antes con respecto al testigo.

CONCLUSIONES

Se determinó el efecto positivo de los reguladores de crecimiento en el enraizamiento de esquejes de colle (*Buddleja coriacea*) bajo condiciones de Cajamarquilla en Pasco y el tratamiento con auxinas, giberelinas y citoquininas en conjunto fue el que tuvo mejor comportamiento.

Las características morfológicas de las plantas de colle en vivero con la aplicación de reguladores de crecimiento mejoran significativamente en el número de hojas, altura de plantas, diámetro de tallo y longitud de raíces, siendo los mejores tratamientos con auxinas, giberelinas y citoquininas y con ácido indol butírico + ácido naftaleno acético.

La masa radicular y foliar de cada tratamiento en estudio se incrementó positivamente con la aplicación de reguladores de crecimiento, siendo ácido indol butírico + ácido naftaleno acético y ácido algínico citoquininas auxinas + giberelinas los mejores tratamientos respectivamente.

La precocidad de formación de plantas de colle listas para el trasplante mejoró en diecisiete días con respecto al tratamiento testigo con la aplicación de reguladores de crecimiento, siendo el tratamiento con auxinas, giberelinas y citoquininas el mejor.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Comunidad Campesina de Cajamarquilla Pasco Perú.

REFERENCIAS

AGAR, O. T.; CANKAYA, I. I. T. Analysis of phenylethanoids and their glycosidic derivatives. *Recent advances in natural products analysis*, p. 221-254, 2020.

ALCANTARA-CORTES, J. S.; ACERO GODOY, J.; ALCÁNTARA CORTÉS, J. D.; SÁNCHEZ MORA, R. M. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, v. 17, n. 32, p. 109-129, 2019.

ALCOCER ANDINO, V. A. Evaluación de Cuatro Sustratos y tres Bioestimulantes en el crecimiento de Plántulas de Quishuar (*Buddleja incana*) en la comunidad María Auxiliadora, parroquia Yaruquíes, provincia de Chimborazo. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

ARYA, A.; SHARMA, V.; TYAGI, P. K.; GOLA, D.; HUSEN, A. Role of cytokinins in adventitious root formation. *Environmental, Physiological and Chemical Controls of Adventitious Rooting in Cuttings*, p. 239-249, 2022.

CHALAPATHI, M. V.; THIMMEGOWDA, S.; KUMAR, N. D.; RAO, G. G. E.; MALLIKARJUNA, K. Influence of length of cutting and growth regulators on vegetative propagation of Stevia (*Stevia rebaudiana* Bert.). *Crop Research-HISAR*-, v. 21, n. 1, p. 53-56, 2001.

ENRÍQUEZ CERÓN, H. M. Propagación vegetativa de Quishaur (*Buddleja incana*) y aliso (*Alnus acuminata*) Empleando tres enraizadores en la Granja Experimental Yuyucocha, de la universidad Técnica del Norte. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso.

FRAGOSO, R.; WITT, N. G. D. P. M.; OBRZUT, V. V.; VALÉRIO, S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; STUEPP, C. A. Maintenance of leaves and indolebutyric acid in rooting of juvenile Japanese Flowering Cherry cuttings. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, n. 1, p. 97-101, 2015.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E. *Propagación de plantas: principios y prácticas*. México: CECSA, 1990.

MAYER, N. A.; UENO, B.; DAS NEVES, T. R. Propagação vegetativa de seleções de porta-enxertos potencialmente tolerantes à morte-precoce do pessegueiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 17, n. 3, p. 300-308, 2018.

PINO, P. Propagación vegetativa de *Drimys winteris*, una especie con características medicinales, sometidas a dos sistemas de riego: microjet y cinta de goteo, en el sector de Huichahue IX región. 2002. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias Agropecuarias y forestales. Escuela de Ciencias forestales.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. *Fisiología vegetal*. México: Iberoamericana, 1992.

VILLCA ESPINOZA, J. Efecto de fitohormonas, en esquejes de k'iswara (*Buddleja coriacea* Remy) en épocas de recolección provincia Omasuyos, departamento de La Paz. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. Carrera de Ingeniería Agronómica. 2006.

UTILIZAÇÃO DA POLPA DE TOMATE EM REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA O FRUTO

Vitória Jakeline Ornelas e Silva

Universidade Federal de Viçosa (UFV-CRP) – Campus Rio Paranaíba

Gabriela Andrade Alves

Universidade Federal de Viçosa (UFV-CRP) – Campus Rio Paranaíba

Valdeir de Oliveira Guimarães

Universidade Federal de Viçosa (UFV-CRP) – Campus Rio Paranaíba

Fabrcia Queiroz Mendes

Universidade Federal de Viçosa (UFV-CRP) – Campus Rio Paranaíba

Allan Robledo Fialho e Moraes

Universidade Federal de Viçosa (UFV-CRP) – Campus Rio Paranaíba

Maria Elisa de Sena Fernandes

Universidade Federal de Viçosa (UFV-CRP) – Campus Rio Paranaíba

RESUMO

Objetivo: Desenvolver um revestimento à base de amido com adição de polpa de tomates usualmente descartados, utilizá-lo em tomates comercialmente aceitos, comparar com o revestimento de amido comumente utilizado e analisar as alterações físico-químicas ocorridas ao longo do período de 12 dias.

Métodos: Para o revestimento, utilizou-se o processo de *casting*, utilizando-se amido de milho e polpa de tomate triturada. As análises físico-químicas foram realizadas de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz e com equipamentos apropriados. **Resultados:** Os resultados não apresentaram diferenças entre os tratamentos analisados para os teores de sólidos solúveis e acidez titulável. No entanto, para a análise de firmeza foi possível constatar maiores valores de medianas para os tomates que foram revestidos com amido seguido do tratamento de revestimento de amido+polpa. **Conclusão:** Em relação ao aumento de vida útil dos tomates, o revestimento desenvolvido não apresentou resultados significativos, entretanto, seria viável a análise de compostos bioativos migrantes do revestimento, uma vez que a composição nutricional dos tomates pode ter sido alterada.

Palavras-chave: Tomate, Revestimento Comestível, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

A produção de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é uma atividade agrícola de grande importância econômica e nutricional em todo o mundo. Esses frutos são uma fonte rica em nutrientes, vitaminas e antioxidantes, como, principalmente, o licopeno. No entanto, as perdas pós-colheita são significativas e o desperdício de tomate têm sido uma preocupação crescente, representando um desafio global de sustentabilidade (ADJOURMAN *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2021).

Estima-se que aproximadamente de 30% a 40% da produção total de tomates seja perdida devido a danos físicos, e incorreta manipulação durante o transporte, armazenamento e comercialização. Essas perdas pós-colheita não impactam apenas os níveis de economia dos produtores e a disponibilidade de alimentos, mas também afetam as questões ambientais, como o uso excessivo de recursos naturais na produção agrícola (NAIKA *et al.*, 2006; NASCIMENTO *et al.*, 2022).

Uma abordagem eficaz para mitigar as perdas pós-colheita de tomates e, conseqüentemente, reduzir o desperdício alimentar, é a utilização de revestimentos à base de polímeros comestíveis. Esses revestimentos formam uma barreira física entre o produto e o ambiente, reduzindo a perda de água, a perda de nutrientes e o desenvolvimento de microrganismos, o que, por sua vez, ajuda a preservar a qualidade dos produtos perecíveis (MENEZES *et al.*, 2017).

O amido é um dos polímeros mais amplamente utilizados na formulação de revestimentos devido à sua abundância, biodegradabilidade, baixo custo e segurança alimentar. Além disso, há um grande destaque para a sua capacidade de formar um filme flexível e permeável que se adapta às necessidades de diferentes frutas e hortaliças (SAPPER e SHIRALT, 2018). Assim, a aplicação de revestimentos à base de amido em tomates, representa uma estratégia promissora para prolongar seu tempo de prateleira, minimizando as perdas pós-colheita.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um revestimento à base de amido com adição de polpa de tomates, que antes seriam descartados, aproveitando assim, seus componentes naturais. A pesquisa baseou-se em aplicar o revestimento em tomates comercialmente aceitos e compará-lo com o revestimento de amido comumente encontrado, a fim de aumentar a vida útil dos frutos e reduzir o desperdício envolvido nessa cadeia produtora.

MÉTODOS

Preparação e aplicação do revestimento

Os revestimentos e análises foram realizados no laboratório de Química de Alimentos da Universidade Federal Viçosa - *Campus* Rio Paranaíba e os tomates utilizados para a pesquisa foram fornecidos por um produtor local.

Para o revestimento com amido, preparou-se uma solução de amido de milho (3% m/v), glicerol (100% em relação à massa de amido) e água suficiente para completar 1L. Realizou-se o processo de *casting* (desidratação de uma solução filmogênica sobre uma superfície), segundo método proposto por Guimarães *et al.* (2016) com adaptações. A solução foi agitada e aquecida a 75°C ± 2 por 3 minutos, e em seguida resfriada.

Para a elaboração do revestimento de amido + polpa de tomate, a solução de amido foi preparada da mesma forma e, após ser resfriada, adicionou-se a polpa de tomate de descarte livre de podridões (100% em relação à massa de amido) sob agitação constante.

Os tomates foram colhidos em ponto ótimo de comercialização, lavados com água corrente para remoção de sujidades e, posteriormente, imersos em solução clorada a 200 ppm por 15 minutos. Os frutos foram revestidos seguindo a metodologia de Oliveira *et al.* (2011), com adaptações.

Análises físico-químicas

A acidez titulável foi determinada por análises gravimétricas (titulometria) com solução titulante de NaOH 0,1 mol/L e resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico de acordo com as metodologias descritas nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). O valor de sólidos solúveis foi determinado com uso de refratômetro analógico (modelo ATC 103; Biobrix®), e resultados expressos em °Brix. A firmeza foi medida com auxílio de um penetrômetro digital (modelo PTR-300; Instrutherm) usando ponteira de 6,0 mm e os valores foram expressos em N.

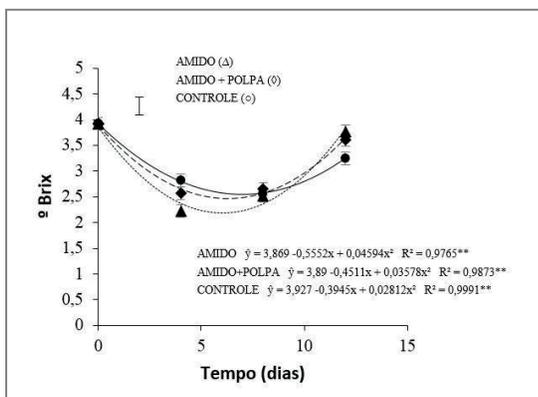
Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado e considerou-se um fatorial 3x3+1, sendo três tratamentos (revestimento com amido, revestimento com amido + polpa de tomate e controle), três tempos de análises (4 dias, 8 dias e 12 dias) e mais um fatorial adicional (0 dia). As análises estatísticas foram realizadas por meio do software SPEED Stat, sendo feita a análise de variância, seguida de uma análise de regressão.

RESULTADOS

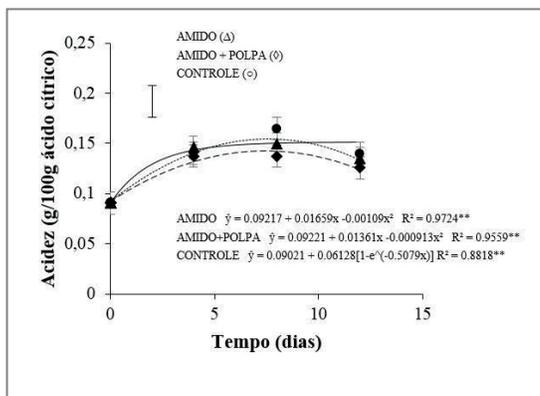
A relação entre os sólidos solúveis, acidez titulável e firmeza com o tempo pós-colheita dos tomates conduzidos pelos tratamentos avaliados é representada pelos gráficos das Figuras 1, 2 e 3, respectivamente.

Figura 1. Médias dos valores de sólidos solúveis em função do tempo pós-colheita.



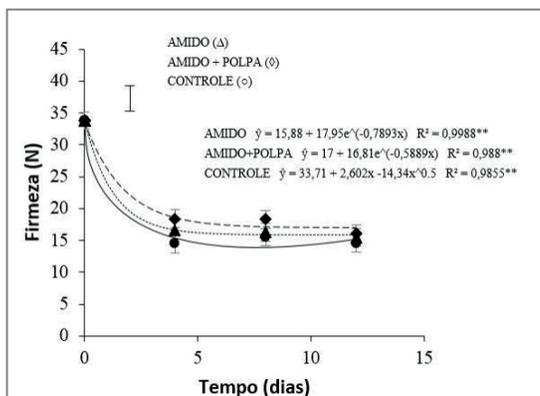
Fonte: Autores (2023).

Figura 2. Medianas dos valores de acidez em função do tempo pós-colheita.



Fonte: Autores (2023).

Figura 3. Medianas dos valores de firmeza em função do tempo pós-colheita.



Fonte: Autores (2023).

A partir dos resultados obtidos pela análise de regressão dos dados encontrados para firmeza, acidez titulável e teor de sólidos solúveis, nota-se que todos os tratamentos apresentam um comportamento semelhante em relação à variável resposta e ao tempo. É possível destacar que para a análise de firmeza, o tratamento de revestimento com amido apresentou maiores valores de medianas ao longo do tempo, seguido do tratamento de revestimento de amido+polpa. Logo, a camada de revestimento formada na superfície do tomate pode ter influenciado na permeabilidade das membranas dos frutos, evitando assim, o maior amolecimento dos mesmos.

Em relação às análises de acidez titulável e sólidos solúveis, com aumento de dias após a aplicação do revestimento, há uma queda nos teores e depois uma elevação novamente, o que pode ser explicado devido ao fato de que os frutos teriam alcançado a etapa de senescência de seu ciclo vital, havendo há predominância de reações de degradação. Deste modo, as macromoléculas de carboidratos e ácidos são hidrolisadas, ocasionando a variação dos parâmetros.

DISCUSSÃO

Ao analisarem a influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós-colheita de tomates Menezes *et al.* (2017) obtiveram teores de sólidos solúveis totais, ao final dos 12 dias de avaliação, menores para os frutos revestidos com amido de milho e fécula de mandioca. Resultado semelhante foi observado também por Aisyah *et al.* (2022) que analisando revestimento comestível contendo uma nanoemulsão de óleo de canela, obteve que após 15 dias de armazenamento os tomates sem revestimento apresentaram um teor de sólidos solúveis de 0,50 °Brix, um valor que diferiu dos tomates com revestimento, indicando que o revestimento pode inibir o aumento de sólidos solúveis totais. Esses resultados convergem parcialmente com este estudo, uma vez que há diminuição dos sólidos solúveis ao longo do tempo até um determinado ponto.

No entanto, Nawab *et al.* (2017) testando o efeito de um revestimento à base de amido de caroço de manga, utilizando diferentes plastificantes para prolongar a vida útil dos tomates, observaram aumento nos sólidos solúveis totais em todas as amostras testadas. Este resultado se assemelha ao da presente pesquisa ao constatar que a partir do sétimo dia o teor de sólidos solúveis tendência a aumentar.

Pesquisa realizada por Morad *et al.* (2022), com revestimento comestível a base de uma solução de gel de *Aloe Vera* (10%), amido (2%) e caseína (2,5%), demonstrou que o uso do revestimento avaliado foi eficaz na manutenção de sólidos solúveis totais e no aumento da acidez titulável, quando comparado com frutas não revestidas. Assim como para os tomates que foram mergulhados em gel de *Aloe Vera* (10%) e amido (2%) que foram altamente eficazes em preservar os sólidos solúveis totais e manter a acidez titulável após 28 dias, corroborando com o que foi observado neste trabalho.

Ao avaliarem revestimentos com amido de milho e cera de abelha em tomates, Silva *et al.* (2022) encontraram maior firmeza nos frutos revestidos, uma lenta degradação de cor, baixos teores de sólidos solúveis totais e perda de massa inferior ao tratamento controle, o que ratifica a eficácia desse método para o atraso do amadurecimento assim como para sua utilização comercial.

Em um estudo conduzido por Araújo *et al.* (2018) avaliando revestimento comestível à base de amido de mandioca-quitosana, enriquecido com óleo essencial de *Lippia sidoides* Cham. e extrato de casca de romã, na preservação de tomates, os resultados indicaram que a maioria dos tomates revestidos conseguiu manter sua firmeza ao longo de um período de 12 dias de armazenamento. Em contraste, os tomates não revestidos sofreram uma perda de firmeza de 22%, demonstrando que os revestimentos podem ser eficazes em retardar o processo de amadurecimento dos frutos, diminuindo o teor de sólidos solúveis totais, assim como foi constatado no presente ensaio, cujos tomates revestidos apresentaram maior firmeza e manutenção dos teores de sólidos solúveis ao longo de 12 dias.

Os resultados obtidos por Fitch-Vargas *et al.* (2019), analisando o efeito de um revestimento à base de amido de milho, obtido através de um processo de extrusão combinado com uma técnica de fundição e aplicado em tomates com o objetivo de prolongar a vida útil pós-colheita, evidenciaram que o revestimento com o amido de milho proporciona menor variação de cor, sendo eficiente na prevenção de alterações de cor durante o armazenamento.

Ao incorporar polpa de tomate nos filmes comestíveis de amido de araruta Avelino (2019) observou que há grande potencial para sua utilização em embalagens de alimentos, uma vez que apresentou ação antioxidante, compostos bioativos, dentre outras características desejáveis. Além disso, a partir da análise sensorial, foi possível concluir que o novo filme seria aceito pelos consumidores, já que em sua maioria, as notas dos provadores variaram de 7 a 9 - gostei moderadamente a gostei extremamente.

CONCLUSÃO

De modo geral, os revestimentos com amido e amido com adição de polpa de tomate não apresentaram diferença significativa em relação ao controle,

portanto, não é possível concluir seu efeito na conservação dos frutos. Sugere-se, para continuidade deste estudo, uma avaliação de compostos bioativos, uma vez que a polpa de tomate pode ter incorporado ao fruto melhores qualidades nutricionais, além de outras características físico-químicas.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e à Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba.

REFERÊNCIAS

- ADJOURMAN, Y. D. *et al.* Effect of edible coating based on improved cassava starch on post-harvest quality of fresh tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of nutritional science and food technology*, v. 4, n. 1, 2018.
- AISYAH, Y. *et al.* Effect of the edible coating containing cinnamon oil nanoemulsion on storage life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing, 2022. p. 012048.
- ARAÚJO, J. M. S. *et al.* A cassava starch–chitosan edible coating enriched with *Lippia sidoides* Cham. essential oil and pomegranate peel extract for preservation of Italian tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) stored at room temperature. *Food and Bioprocess Technology*, v. 11, p. 1750-1760, 2018.
- AVELINO, K. R. S. *Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate (Lycopersicon esculentum)*. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.
- FITCH-VARGAS, P. R. *et al.* Efeito de uma cobertura de amido de milho obtida pela combinação do processo de extrusão e da técnica de casting na qualidade pós-colheita do tomate. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, v. 3, p. 789-801, 2019.
- GUIMARÃES, I. C. *et al.* Filme comestível à base de amido e micro/nanofibrilas de celulose de cenoura prolonga a vida útil de cenoura minimamente processada. *Boletim do Centro de Pesquisa em Processamento de Alimentos*, v. 34, n. 1, p. 85-110, 2016.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Métodos físico-químicos para análises de alimentos*. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.
- MENEZES, K. R. *et al.* Influência do revestimento comestível na preservação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa. *Colloquium Agrariae*, v. 13, n. 3, p. 14-28, 2017.
- MORAD, M. M. *et al.* Estendendo a vida útil de armazenamento e mantendo a qualidade dos frutos de tomate usando revestimento comestível exógeno pós-colheita de gel de *Aloe Vera*, amido e caseína. *Jornal de Resultados Negativos Farmacêuticos*, p. 1708-1727, 2022.

NAIKA, S. *et al.* A cultura do tomate: produção, processamento e comercialização. *Agrodok*;17. Agromisa/CTA, Wageningen, The Netherlands, 2006.

NASCIMENTO, M. V. *et al.* Coleção de tomate da horta da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. 1 edição. Rio de Janeiro, Editora Publicar, 2022.

NAWAB, A. *et al.* Mango kernel starch as a novel edible coating for enhancing shelf-life of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 103, p. 581-586, 2017.

OLIVEIRA, T. A. *et al.* Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 6, n. 1, p. 44, 2011.

SANTOS, B. G. F. L. *et al.* Chitosan and arrowroot-based coatings increase shelf life and post-harvest quality of tomatoes. *Australian Journal of Crop Science*, v. 15, n. 10, p. 1252-1258, 2021.

SAPPER, M.; CHIRALT, A. Starch-based coatings for preservation of fruits and vegetables. *Coatings*, v. 8, n. 5, p. 152, 2018.

SILVA, L. G. M. *et al.* Influência do revestimento comestível a base de amido e cera de abelha na preservação da qualidade pós-colheita de tomates italianos. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, 2022.

EFICIÊNCIA AMBIENTAL NA AGRICULTURA IRRIGADA

Morgana Scaramussa Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Wilian Rodrigues Ribeiro
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Dalila da Costa Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Daniel Soares Ferreira
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Lucas Rosa Pereira
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Camila Aparecida da Silva Martins
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

RESUMO

A sustentabilidade agrícola, uma das principais preocupações da comunidade internacional, destaca-se como desafio crucial no contexto do crescimento populacional e da necessidade de preservação de recursos naturais para futuras gerações, conforme delineado pelos objetivos da ONU. Nesse cenário, a otimização do uso da água e do solo torna-se imperativa para a agricultura moderna. Este estudo propõe uma nova abordagem à sustentabilidade dos agroecossistemas, empregando o gerenciamento baseado em conhecimentos como ferramenta estratégica essencial. O foco está na análise da agricultura irrigada e seu papel na segurança alimentar global, bem como na avaliação da segurança e disponibilidade hídrica, com enfoque específico no Brasil e no Estado do Espírito Santo. Além disso, são discutidas práticas conservacionistas, como a introdução de gramíneas tropicais em solos degradados, visando mitigar processos erosivos, elevar a capacidade de retenção de água no solo e promover o desenvolvimento sustentável em regiões pecuárias. Essa abordagem abrangente busca contribuir para a formulação de estratégias eficazes no âmbito da agricultura sustentável podendo também ser base para incentivo para adoção de políticas públicas.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Recursos Hídricos, Preservação do Solo e da Água.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade da agricultura é uma das principais preocupações das Nações Unidas, já que o foco se concentra no aumento da produtividade agrícola a fim de lidar com o atual crescimento populacional (FAO, 2019). A indústria agrícola deve, portanto, maximizar o uso dos recursos disponíveis, e a agricultura de precisão pode desempenhar um papel significativo na consecução desse objetivo.

A produtividade das culturas agrícolas é afetada por vários fatores, como umidade do solo, nutrientes, capacidade de retenção de água, pH e outros. Para lidar com tais fatores, os agricultores empregam técnicas avançadas como o uso de fertilizantes e de sistemas de irrigação para aumentar o rendimento e evitar a perda de produtividade das culturas. Para tanto, os agricultores precisam das localizações das regiões afetadas para que possam tomar ações corretivas adequadas, enquanto muitos governos precisam desses dados para prever os preços futuros dos produtos, e as empresas financeiras e seguradoras precisam desses dados para analisar os danos às culturas (DELOITTE, 2019).

Nesse sentido, a agricultura de precisão é um conceito de gestão agrícola onde uma prática é realizada no momento certo, no lugar certo e na intensidade apropriada (MAES; STEPPE, 2019). Geralmente, utiliza técnicas digitais (satélite, sensores e outros) para otimizar os processos de produção agrícola e minimizar os impactos ambientais adversos (ABDULLAHI *et al.*, 2015).

Desde meados do século XX o mundo vem sofrendo mudanças climáticas planetárias sem precedentes. Estudos mostram aumento da temperatura da atmosfera e dos oceanos, redução da quantidade de neve e gelo, aumento do nível do mar e das concentrações de gases de efeito estufa (DAI, 2013; IPCC, 2014; TRENBERTH *et al.*, 2014). Os seres vivos, bem como vários setores econômicos são afetados por essas mudanças. Não diferente as espécies agrícolas, que têm seu índice de produtividade fortemente correlacionados com as condições climáticas as quais são submetidas (CAMPOS, 2011).

Assim, mudanças nas condições climáticas consideradas ótimas para o desenvolvimento de uma certa espécie geram perdas de produtividade e conseqüentemente perdas econômicas (CAMPOS, 2011; PEZZOPANE *et al.*, 2012).

Dessa forma, é muito importante escolher áreas para o cultivo de cada espécie de acordo com sua aptidão agroclimática. Além disso, os cenários atuais

de mudança climática contribuem para aumentar a necessidade de preservar os corpos d'água naturais por meio de um planejamento racional da irrigação (CARDOZO *et al.*, 2016).

A agricultura irrigada representa a maior parte da demanda por água, sendo o primeiro setor a ser afetado pela escassez de água, resultando em uma menor capacidade de manter a produção per capita de alimentos (BONFANTE *et al.*, 2018). Portanto, o uso eficiente da água na agricultura é um dos desafios agrícolas mais importantes que as tecnologias modernas estão ajudando a resolver.

O gerenciamento eficiente da terra e dos recursos hídricos na agricultura irrigada requer conhecimento abrangente sobre muitas variáveis, incluindo clima, solo, uso da terra, lavouras, disponibilidade de água, redes de distribuição de água, práticas de manejo entre outras. Tais informações provenientes de diferentes fontes empregadas em bancos de dados georreferenciados permitem uma interação mais rápida e fácil com o uso de modelos e de ferramentas de suporte às decisões (MAIDMENT; DJOKIC, 2000).

Dados os desafios emergentes com a crescente necessidade de ter um gerenciamento de água resiliente em muitas das cestas de alimentos do mundo, é necessário entender melhor o papel da infraestrutura de água de pequena escala construída e distribuída pelo homem em paisagens agrícolas. Isso é particularmente importante em ambientes agroecológicos, com infraestrutura de água natural em corpos hídricos e com acesso econômico para explorar os possíveis recursos hídricos.

Este artigo visa analisar a interseção entre a sustentabilidade da agricultura irrigada, o gerenciamento integrado da água e o papel do sensoriamento remoto. Com profundidade na compreensão das práticas que podem contribuir para a produção agrícola sustentável, atendendo à necessidade do aumento da produtividade frente ao crescimento populacional. Fornecendo assim uma base teórica sólida para estratégias de planejamento agrícola, maximização do retorno do investimento, preservando recursos naturais e promovendo resiliência diante das variações climáticas.

Importância da irrigação na segurança alimentar global

A segurança alimentar é um componente importante dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), abordados implicitamente através de seu principal escopo, no objetivo 2 dos ODS (“Fome Zero”) que exige a eliminação da fome até 2030 (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Tal aspecto ainda é um grande desafio, uma vez que nas últimas décadas a população global excedeu 7,5 bilhões, (KLEIN GOLDEWIJK; BEUSEN; JANSSEN, 2010) e 700 milhões de pessoas em 76 países ainda são afetados pela fome, colocando imensa pressão sobre a produção de alimentos e recursos hídricos (KARTHIKEYAN *et al.*, 2020).

Para garantir a segurança alimentar da população em crescimento e atender a demanda mundial, até 2050 a produção global de alimentos deve aumentar em 50% (TILMAN *et al.*, 2011). Estudos apontam expansão drástica nas áreas cultivadas e na necessidade de água para irrigação (TILMAN *et al.*, 2011). De 1961 a 2004, a total área cultivada aumentou 2,3 vezes em todo o mundo (ALSTON *et al.*, 2009). As áreas de cultivo irrigadas aumentaram de 63 milhões de hectares (MHa) em 1900 a 306 MHa em 2005 em todo o mundo (SIEBERT *et al.*, 2015). A agricultura irrigada representa a maior parte da demanda por água e é responsável por cerca de 40% de toda produção agrícola, viabilizando produzir fisicamente, em uma mesma área, até quatro vezes mais que a agricultura de sequeiro (BONFANTE *et al.*, 2018).

Para evidenciar a importância da agricultura irrigada na produção global de alimentos, estudos afirmam que seria necessário expandir a área de sequeiro em cerca de 250 milhões de hectares para se obter uma produção equivalente à produção média adicional que é proveniente de áreas irrigadas (SOJKA *et al.*, 2017). No entanto, o status da segurança alimentar nas regiões irrigadas depende da disponibilidade de água, gestão da água, regras de apropriação da água, acesso à tecnologia e estabilidade política.

A irrigação é uma técnica que deve ser usada com critério, pois o déficit de água pode resultar em murcha de plantas, o que acaba reduzindo o rendimento das culturas. Por outro lado, o excesso de água também afeta a colheita, devido à falta de ar suficiente para a respiração radicular (afetando a germinação das sementes) (WICHELNS; QADIR, 2015), dentre tantos outros danos.

Portanto, dada a crescente demanda por alimentos e as mudanças climáticas, o manejo adequado dos recursos hídricos, por meio de melhorias provisões de irrigação e armazenamento de água, juntamente com variedades de plantas resistentes a alagamento/secas, podem contribuir para práticas agrícolas sustentáveis e manter a segurança alimentar (KARTHIKEYAN *et al.* 2020), além de trazer contribuições efetivas para o meio ambiente, desenvolvimento social e econômico, com geração de empregos estáveis e duradouros (RODRIGUES, 2019).

Como visto, não existe segurança alimentar sem o uso da irrigação, já que para produzir alimento uma quantidade significativa de água deve ser mobilizada, de modo que a segurança alimentar não pode ser dissociada da segurança hídrica. De uma perspectiva geral, a segurança hídrica pode ser definida como a garantia que os indivíduos tenham acesso seguro à água a um custo acessível para capacitá-los a viver vidas saudáveis e produtivas.

Segurança hídrica no Brasil

De acordo com Parceiros da Água Mundial (PAM) e a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a segurança hídrica tem um custo anual estimado para a economia global de US\$ 500 bilhões, sem levar em consideração os riscos ambientais (SADOFF *et al.*, 2015). Na América do Sul, as secas e as inundações causam enormes prejuízos econômicos, principalmente no Brasil, que apresenta os maiores números (FABBRO NETO; GÓMEZ-MARTÍN, 2020).

Embora o Brasil detenha cerca de 12% da água doce superficial disponível no Planeta, 28% da disponibilidade nas Américas e possua em seu território a maior parte do Aquífero Guarani, a principal reserva de água doce subterrânea da América do Sul, o país tem enfrentado problemas hídricos em várias regiões (RODRIGUES, 2019). Segundo relatório da (OCDE, 2015), a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento econômico do Brasil e fonte de conflitos em várias regiões.

O Sistema Integrado de Informação de Desastres, administrado pelo Ministério da Integração, mostrou que 2680 (48%) das 5570 prefeituras do país declararam uma "Situação de Emergência" ou um "Estado de Calamidade

Pública” devido às inundações entre 2003 e 2017. Quase 89% dessas cidades estavam localizadas no nordeste, sul e sudeste do país. As secas também são um problema, já que quase 51% dos conselhos municipais brasileiros declararam uma “Situação de Emergência” ou “Estado de Calamidade Pública” relacionada à seca nesse mesmo período. Nesse caso, as regiões mais afetadas foram o Nordeste e o Sudeste.

Ano após ano, secas e inundações têm um impacto prejudicial à segurança e à produtividade no Brasil, afetando negativamente o suprimento de água para consumo humano e para os setores de energia, industrial e agrário (VAN DEN MEERSSCHE, 2018). A probabilidade de seca, inundação e outros eventos climáticos extremos no contexto das mudanças climáticas pode levar ao aumento considerável da insegurança hídrica no Brasil, dando origem aos conflitos sobre o controle desse recurso, tensões com relação ao suprimento de energia e escassez de alimentos, bem como aos danos diretos as pessoas e interesses econômicos (STOCKER *et al.*, 2013).

A região Sudeste do Brasil foi acometida nos anos de 2014 e 2015 por uma grave seca, na qual houve expressiva redução no volume de água dos rios da região. Este fato, aliado às fracas políticas de gestão dos recursos hídricos, levou as cidades a enfrentarem uma crise hídrica sem precedentes, o que contribuiu para acentuada redução no abastecimento de água na região (FABBRO NETO; GÓMEZ-MARTÍN, 2020). No entanto, para alguns especialistas, a crise hídrica no Brasil é muito mais sobre a falta de gestão desse recurso do que uma real crise, escassez ou estresse hídrico (CGU, 2018).

O Ministério da Integração do Brasil, por meio da Secretaria de Infraestrutura de Água, e Ministério do Meio Ambiente, por intermédio da Agência Nacional de Águas, estabeleceu uma parceria com o Banco Mundial para coordenar e elaborar o Plano Nacional de Segurança Hídrica, a fim de melhor gerir os recursos hídricos como fator de crescimento e desenvolvimento econômico (OCDE, 2015). O objetivo do estudo é definir as principais intervenções estruturantes e estratégicas de recursos hídricos para todo o país, como barragens, sistemas adutores, canais e eixos de integração necessários para garantir o abastecimento de água para humanos e para uso em atividades produtivas (ANA, 2019). O plano de cobertura nacional leva em consideração os diferentes aspectos climáticos do Brasil e concentra-se em áreas suscetíveis a secas (CGU, 2018; MDR, 2019).

Neste contexto, é importante aprender com os erros do passado e aproveitar o momento para planejar um futuro melhor, que consiste necessariamente em tratar a água como um bem estratégico para o País. Para isto, é preciso integrar a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) com as demais políticas públicas. É fundamental definir as prioridades de uso da água, levando-se em consideração as necessidades nacionais básicas e as especificidades de cada região (RODRIGUES, 2019).

Disponibilidade Hídrica do Estado do Espírito Santo

O Brasil é um país de dimensões continentais, com grandes diferenças sociais, ambientais e econômicas, o que faz da gestão hídrica uma atividade muito mais desafiadora. Para tanto, o Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas, que foram definidas pela Resolução n° 32 n, que servem para fundamentar, orientar, e implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2003).

A Região Hidrográfica do Sudeste tem como principal característica social a elevada concentração populacional e presença de indústrias, tendo como principais rios o Paraíba do Sul e o Doce. Neste sentido, estudos ambientais em bacias hidrográficas, tendo como objetivo o uso racional e a preservação dos recursos naturais, são fundamentais para o entendimento dos processos que ocorrem nessas unidades. Uma vez que fazer a gestão igualitária em todo país pode ocasionar conflitos em bacias hidrográficas cuja a disponibilidade hídrica já esteja em estado crítico, a gestão deve considerar as desigualdades hídricas regionais e ter um olhar diferenciado para as bacias hidrográficas críticas, com a disponibilidade hídrica comprometida, assim como onde já é realidade a ocorrência de conflitos pelo uso da água (RODRIGUES, 2019).

Os Comitês de Bacias Hidrográficas são órgãos colegiados da gestão de recursos hídricos, com atribuições de caráter normativo, consultivo e deliberativo e integram o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Possuem representantes do poder público, dos usuários de água e da sociedade civil organizada, são os gestores das bacias hidrográficas. Atualmente, o Estado do Espírito Santo possui 14 comitês. São eles: Itaúnas, São Mateus, Barra Seca e Foz do Rio Doce, Pontões e Lagoas do Rio Doce, Guandu, Santa Joana, Santa

Maria do Doce, Litoral Centro-Norte, Santa Maria da Vitória, Jucu, Benevente, Rio Novo, Itapemirim e Itabapoana (AGERH, 2018).

Compreender e avaliar os processos naturais que ocorrem em uma bacia hidrográfica são desafios contínuos para cientistas e engenheiros que frequentemente enfrentam falta de dados, pois os esforços de monitoramento de longo prazo da bacia hidrográfica são difíceis de manter devido ao seu custo (SANTOS; OLIVEIRA; MAUAD, 2020). O monitoramento ambiental em bacias hidrográficas procura analisar aspectos relevantes que permitam caracterizar as mudanças que ocorrem no uso e ocupação do solo, tornando possível avaliar os efeitos das atividades humanas sobre os ecossistemas (BERTOSSO *et al.*, 2013). O conhecimento sobre a localização e o padrão das áreas com cultivo irrigado é muito importante para o entendimento e compreensão dessas regiões irrigadas, assim como ter embasamento para realizar melhorias nas futuras projeções de irrigação necessária para atender às crescentes demandas alimentares.

Para a gestão da irrigação precisa-se de um olhar holístico, além da propriedade e da área de produção, uma visão macro da bacia hidrográfica, pois o rio é o reflexo do que acontece na bacia como um todo, ou seja, é preciso olhar a bacia de forma mais integrada, considerar estratégias de conservação de água e solo, que vão refletir diretamente na quantidade e na qualidade das águas para irrigação (RODRIGUES, 2019).

Aproximadamente 98% de toda água doce disponível para os múltiplos usos são provenientes de águas subterrâneas (BOUWER, 2002), que são um recurso valioso, que desempenha um papel fundamental na manutenção de ecossistemas terrestres e aquáticos, bem como no bem-estar das civilizações humanas. No entanto, o crescimento populacional e a expansão de terras agrícolas aumentaram a pressão sobre os recursos hídricos subterrâneos, resultando em superexploração e deterioração da qualidade da água (MONDAL; DALAI, 2017; WATTO, 2015).

O Estado do ES, com uma extensão de 45.840,25 Km², possui oferta subterrânea em grande parte do território, embora apresente características Geológicas do tipo litotipos que caracterizam basicamente dois tipos de aquíferos: a) 31.492,0 km² (68,70 %), do território estão representados por Aquífero Fissural, reconhecidamente de baixo potencial, associado com a baixa qualidade destas águas; b) os 14.348,25 km² (31,30%), restantes da área estão

representados por Aquíferos Porosos, com produtividades desde muito baixas a médias (SIAGAS, 2011).

Aliado à variabilidade inter-anual de chuvas sazonais que acometem o Estado e as áreas de recarga de águas subterrâneas, pode-se vislumbrar um desafio para as comunidades dispostas nas regiões com estações secas prolongadas que dependem de águas subterrâneas rasas para atender à demanda de água (HUND *et al.*, 2018). Esses desafios provavelmente aumentarão no futuro, tendo em vista o incremento na variabilidade sazonal e interanual de chuvas na América e aumento da demanda de água. Além disso, a disponibilidade de água doce em termos de qualidade e quantidade será uma questão importante e a falta de infraestrutura para utilizá-la intensificará o uso de água subterrânea, aumentando a dependência pelas mesmas. (ADHIKARI *et al.*, 2020).

A redução dessa disponibilidade está relacionada principalmente à diminuição da infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial direto, prejudicando o processo de recarga do lençol superficial (OLIVEIRA *et al.*, 2020). A infiltração da água é um dos mais importantes processos do ciclo hidrológico, principalmente por ser fundamental para a recarga de aquíferos e por ser afetada pelos usos e manejos a que os solos são submetidos (ADHIKARI *et al.*, 2020).

Estudo realizado por instituições governamentais do Estado do Espírito Santo aponta que a área ocupada com gramíneas é a que apresenta maior representatividade em termos de uso e ocupação do solo com 1.821.069 ha (39,4%) em relação ao total de 4.618.410 ha (SEP; IJSN, 2009). Nesse sentido, é de extrema importância adquirir conhecimento sobre a forragicultura com maior expressão em termos de área no Estado, assim como conhecer a dinâmica de ocupação dessas espécies, formando base de dados, dando subsídio à tomada de decisão e auxiliar no manejo e na conservação das mesmas em busca de uma pecuária responsável com a preservação do solo e dos recursos hídricos e sem prejuízos às atividades antrópicas.

Cobertura do solo com Gramínea: Áreas de gramíneas no Brasil

Conhecer as características e propriedades do solo pode melhorar o manejo e o uso das áreas agrícolas. No século passado, a opção preferencial era

umentar a produção de alimentos por meio de processos de extensificação (RAY *et al.*, 2013; TILMAN *et al.*, 2011). Ao contrário dos ganhos de produtividade via intensificação sustentável, a abertura de novas áreas agrícolas impactou vários ecossistemas naturais, reduziu a biodiversidade no planeta (MCLAUGHLIN; MINEAU, 1995) e consolidou 37% da área como terras agrícolas (FAO, 2015).

Atualmente, as áreas com gramíneas destinadas à pecuária são um dos ecossistemas mais gerenciados no mundo, produzindo folhagem para a alimentação de ruminantes, que por sua vez fornecem fontes proteicas para consumo humano (FAO, 2019) e ocupam 32% do território brasileiro (PARENTE *et al.*, 2019), 190 milhões de hectares, 117 milhões dos quais são utilizados para pecuária extensiva, sustentando 209 milhões de bovinos (JANK *et al.*, 2014).

Nas últimas seis décadas, o Brasil dobrou sua área agrícola (DIAS *et al.*, 2016) e tornou-se o maior produtor mundial de carne bovina e soja (USDA, 2018). Essa extensificação foi responsável por ambos os impactos ambientais, especialmente nos biomas Amazônia (VALENTIM; ANDRADE, 2009) e Cerrado (ROCHA *et al.*, 2011; SCARAMUZZA *et al.*, 2017), bem como pelos benefícios sociais e econômicos, que melhoraram a organização da produção e a auto-suficiência nacional na produção de arroz, milho, soja e carne (FAO, 2019).

No entanto, posicionou o setor como um dos principais responsáveis pelas transformações globais da cobertura e uso do solo na segunda metade do século XX. Assim, o entendimento dessas importantes transformações territoriais requer uma melhor compreensão da dinâmica de ocupação das pastagens brasileiras, pois essas áreas, desde os anos 70, constituem a maior classe de uso da terra no Brasil e é a principal fonte de subsistência de regiões e abrigam o maior rebanho comercial do mundo (IBGE, 2017),

Susceptibilidade de gramíneas tropicais à variação climática

Entre as áreas utilizadas para a criação de gado, 70% apresentam algum tipo de degradação em estágio avançado (PACHECO *et al.*, 2014). Isso porque o uso do solo nem sempre é gerenciado de acordo com a capacidade do mesmo e sistemas produtivos utilizados não são manejados adequadamente, desencadeando a degradação (VALERA *et al.*, 2016).

A agricultura extensiva, amplamente praticada em todo o planeta, deixa as áreas de pastagem mais suscetíveis à degradação, sendo que as pastagens naturais e plantadas são suscetíveis às variações ambientais (SLOAT *et al.*, 2018). Dentre as variáveis climáticas, a precipitação, e a temperatura, são os elementos que atuam de maneira mais direta na configuração da natureza. A variabilidade da distribuição espacial e temporal da precipitação condiciona os ciclos agrícolas além de outras atividades humanas (GONÇALVES; BACK, 2018).

Não obstante dos inúmeros desafios enfrentados pelo setor pecuário, incluindo problemas ambientais, doenças, pressão econômica e disponibilidade de alimentos, ainda é previsto que a produção animal nos países em desenvolvimento continue a sustentar o crescimento futuro da produção mundial de carne. Nessas áreas, o desempenho do gado é geralmente menor do que o obtido na Europa Ocidental e na América do Norte (ROJASDOWNING *et al.*, 2017). Embora muitos fatores possam estar envolvidos, os fatores climáticos estão entre os primeiros e cruciais limitantes do desenvolvimento da produção animal em regiões quentes.

Diferentemente dos demais países produtores de carne bovina, no Brasil a produção de ruminantes ocorre predominantemente em pastagens em função de uma série de fatores: disponibilidade de terras, condições climáticas favoráveis à produção de grãos e pastagens e tecnologias para a produção em clima tropical (PEZZOPANE *et al.*, 2019). Porém, há grandes diferenças climáticas entre os biomas tropicais, fazendo com que o clima seja o principal fator que determina a produção das plantas forrageiras tropicais (PEZZOPANE *et al.*, 2016), já que predomina o cultivo de pastagens em condição de sequeiro, o que as tornam ainda mais suscetíveis as condições do tempo e do clima na produtividade (PEZZOPANE *et al.*, 2019).

A expressão dos potenciais genéticos de crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras tropicais é fortemente influenciada por condições edáficas e climáticas, de cujos componentes destacam-se a fertilidade do solo, a temperatura, a disponibilidade hídrica e a radiação solar, considerados isoladamente ou por múltiplas combinações desses fatores (MORENO *et al.*, 2014).

Estudos relacionados ao potencial de uso das forrageiras tropicais nas condições de cultivo da região Sudeste do Brasil, o crescimento vigoroso das forrageiras tropicais, comumente verificado no período de primavera-verão, se

alterna com crescimento nulo ou pouco significativo do período de outono inverno, o que determina a estacionalidade da produção de forragem, fato que resulta em marcante influência sobre a produção pecuária (PEZZOPANE *et al.*, 2012).

Assim, estudos agroclimáticos em conjunto das técnicas da agricultura de precisão, uso de tecnologias e práticas agrícolas para o tratamento da variabilidade espacial, com a obtenção e processamento de informações detalhadas e georreferenciadas sobre as áreas de cultivo agrícola, visando a definir estratégias de manejo mais eficientes vêm sendo realizados a fim de preencher essas lacunas, considerando a hipótese de que as variáveis climáticas podem ser usadas como um preditor do rendimento de forragem, e sua implementação contribui para a gestão do sistema de produção (BERNARDI *et al.*, 2015).

Apesar disso, a estimativa de padrões e a quantificação dessas respostas para diferentes condições climáticas no Brasil são limitadas pela escassez de informações. Logo, estudos que visem a adequada consolidação da pecuária brasileira e caracterize as áreas de pastagens como importantes reservas de terra (PARENTE; FERREIRA, 2018), podem estar associadas aos vários serviços ecossistêmicos (ARANTES *et al.*, 2016), auxiliando na compreensão de seus padrões de ocupação e ajudando na adaptação e mitigação dos impactos do clima e também a cumprir as metas de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa - GEE estabelecidas pelo Brasil no acordo PARIS (BUSTAMANTE *et al.*, 2012; RAONI RAJÃO; BRITALDO SOARES-FILHO, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de informações sobre cenário da agricultura irrigada representa importante fonte primária para fiscalização e planejamento na gestão dos recursos hídricos. Os resultados são significativos no conhecimento e no fornecimento de dados teóricos sólidos para novos estudos, afim de se atualizar e minimizar os riscos financeiros e ambientais a potenciais investidores. Ao explorar as sinergias entre sensoriamento remoto, manejo da água e práticas agrícolas sustentáveis, ofereceremos insights valiosos para pesquisadores, gestores agrícolas e formuladores de políticas comprometidos com uma agricultura mais eficiente, econômica e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAHI, H. S. *et al.* Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*. 2015. vol. 154, p. 388–400. Doi: 10.1007/978-3-319-25479-1_29.
- ADHIKARI, R. K. *et al.* Impacts of land-use changes on the groundwater recharge in the Ho Chi Minh city, Vietnam. *Environmental Research*, v. 185, n. February, p. 109440, 2020. Doi:10.1016/j.envres.2020.109440.
- AGERH – AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Planos de Bacias Hidrográficas e Enquadramento. 2018. AGENCIA ESTUAL DE REURSOS HIDRICOS. Disponível em: <https://agerh.es.gov.br/planos-enquadramento>. Acessado em: 31 maio 2020.
- ALSTON, J. M. *et al.* Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science*, v. 325, n. 5945, p. 1209–1210, 2009. Doi: 10.1126/science.1170451.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Plano Nacional de Seguridade Hídrica. Brasília - DF: Agência Nacional de Águas, 2019.
- ARANTES, A. E. *et al.* The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 117, p. 66–78, 2016. Doi:10.1016/j.isprsjprs.2016.02.008.
- BERNARDI, A. C. *et al.* FERRAMENTAS DE AGRICULTURA DE PRECISÃO COMO AUXÍLIO AO MANEJO DA FERTILIDADE DO SOLO. *Revista Agrogeoambiental*, v. 32, n. 1, p. 205–221, 2015. Doi:10.18406/2316-1817v8n12016756.
- BERTOSSI, A. A.P. *et al.* Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no Sul do Espírito Santo. *Revista Árvore*, v. 37, n. 1, p. 107–117, 2013. Doi: 10.1590/S0100-67622013000100012
- BONFANTE, A. *et al.* Soil science solutions for advancing SDG 2 towards resilient agriculture. In: LAL,; Rattan; HORN,; Rainer; KOSAKI, Takashi (orgs.). *Soil and Sustainable Development Goals*. Stuttgart, Germany: Schweizerbart Science Publishers, 2018. p. 196.
- BOUWER, H. Integrated Water Management for the 21st Century: Problems and Solutions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 128, n. 4, p. 193–202, Doi: 10.1061/(ASCE)0733-9437(2002)128:4(193).
- BRASIL. Censo Agropecuário. 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/resultados-censo-agro-2017.html>.
- BUSTAMANTE, M. M.C. *et al.* Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. *Climatic Change*, v. 115, n. 3–4, p. 559–577, 2012. Doi:10.1007/s10584-012-0443-3.
- CAMPOS, C. G. C. Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na região sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina. 2011. 165 f. INPE, 2011.
- CARDOZO, N. P. *et al.* Greenhouse gas emission estimate in sugarcane irrigation in Brazil: is it possible to reduce it, and still increase crop yield? *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 3988–3997, 2016. Doi: 10.1016/j.jclepro.2015.09.040.

CGU – CONTROLADORIA GERAL DA UNIÃO. CGU avalia obras de ampliação da oferta de água no país. 2018. Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União. Disponível em: <https://www.gov.br/cgu/pt-br/assuntos/noticias/2018/03/cgu-avalia-obras-de-ampliacao-da-oferta-de-agua-no-pais>. Acessado em: 5 jun. 2020.

DAI, A. Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change*, vol. 3, n. 1, p. 52–58, 2013. Doi: 10.1038/nclimate1633.

DELOITTE. InFocus Insurance industry drone use is flying higher and farther Potential applications span pre- and post-loss insurance value chain. 2019. InFocus: Insurance industry drone use is flying higher and farther. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/financial-services/articles/infocus-drone-use-by-insurance-industry-flying-higher-farther.html>. Acessado em: 14 jun. 2020.

DIAS, L. C.P. *et al.* Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. *Global change biology*, v. 22, n. 8, p. 2887–2903, 2016. Doi:10.1111/gcb.13314.

FABBRO NETO, F.; GÓMEZ-MARTÍN, M. B. Water safety plan integrated to the land use and occupation measures: Proposals for Caraguatatuba-SP, Brazil. *Land Use Policy*, v. 97, n. May, p. 104732, 2020. Doi: 10.1016/j.landusepol.2020.104732.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT - land use. 2015. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acessado em: 2 jun. 2020.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Food security and nutrition and sustainable agriculture. 2019. SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/topics/fooda>. Acessado em: 31 out. 2019.

GONÇALVES, F. N.; BACK, Á. J. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, n. 3, p. 592–602, 2018. Doi: 10.19084/RCA17204.

HUND, S. V. *et al.* Groundwater recharge indicator as tool for decision makers to increase socio-hydrological resilience to seasonal drought. *Journal of Hydrology*, v. 563, p. 1119–1134, ago. 2018. Doi:10.1016/j.jhydrol.2018.05.069.

IPCC. *Climate Change 2013 - The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Doi: 10.1017/CBO9781107415324.

JANK, L. *et al.* The value of improved pastures to Brazilian beef production. *Crop and Pasture Science*, v. 65, n. 11, p. 1132, 2014. Doi: 10.1071/CP13319.

KARTHIKEYAN, L. *et al.* A review of remote sensing applications in agriculture for food security: Crop growth and yield, irrigation, and crop losses. *Journal of Hydrology*, v. 586, no March, p. 124905, 2020. Doi: 10.1016/j.jhydrol.2020.124905.

MAES, W. H.; STEPPE, K. Perspectives for Remote Sensing with Unmanned Aerial Vehicles in Precision Agriculture. *Trends in Plant Science*, v. 24, n. 2, p. 152–164, 2019. Doi: 10.1016/j.tplants.2018.11.007.

MAIDMENT, D. R.; DJOKIC, D. *Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographical Information Systems*. Redlands: Esri Press [s. n.], 2000.

MCLAUGHLIN, A.; MINEAU, P. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 55, n. 3, p. 201–212, 1995. Doi:10.1016/0167-8809(95)00609-V.

MDR. Plano Nacional de Segurança Hídrica vai priorizar 114 obras para oferta de água. 2019. Ministério do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/ultimas-noticias/5942-plano-nacional-de-seguranca-hidrica-vai-priorizar-114-obras-para-oferta-de-agua>. Acessado em: 5 jun. 2020.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO No 32, de 15 de outubro de 2003. v. 2003, p. 1–3, 2003.
- MONDAL, P.; DALAI, A. K. **Sustainable Utilization of Natural Resources**. Boca Raton : Taylor & Francis, a CRC title, part of the Taylor & Francis imprint, a member of the Taylor & Francis Group, the academic division of T&F Informa, plc, [2017]: CRC Press, 2017. Doi: 10.1201/9781315153292.
- MORENO, L. S.B. *et al.* Base temperature determination of tropical Panicum spp. grasses and its effects on degree-day-based models. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 186, p. 26–33, 2014. Doi: 10.1016/j.agrformet.2013.09.013.
- OLIVEIRA, A. S. *et al.* Dinâmica da água em áreas de recarga de nascentes em dois ambientes na Região Alto Rio Grande, Minas Gerais. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 59–67, 2020. Doi:10.1590/s1413-41522020148177.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES ONIDAS. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. 2015. **General Assembly Resolution A/RES/70/1**. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>. Acessado em: 7 jun. 2020.
- PACHECO, F.A.L. *et al.* Soil losses in rural watersheds with environmental land use conflicts. *Science of The Total Environment*, v. 485–486, p. 110–120, 2014. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.069.
- PARENTE, L.; FERREIRA, L. Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016. *Remote Sensing*, vol. 10, no 4, p. 606, 14 abr. 2018. Doi:10.3390/rs10040606.
- PARENTE, L. *et al.* Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. *Remote Sensing of Environment*, v. 232, p. 111301, 2019. Doi: 10.1016/j.rse.2019.111301.
- PEZZOPANE, J. E. M. *et al.* Zoneamento agroclimático. In: PEZZOPANE, J. E. M. *et al.* (orgs.). *Agrometeorologia: Aplicações Para o Espírito Santo*. 1o ed. Alegre, ES: CAUFES, 2012. p. 99–134.
- PEZZOPANE, J. R. M. *et al.* V. IX Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem. 2019. **CENÁRIOS FUTUROS DAS PASTAGENS NO BRASIL [...]**. Viçosa, MG: [s. n.], 2019. p. 19.
- RAJAO, R.; SOARES-FILHO, B. Policies undermine Brazil's GHG goals. *Science*, v. 350, n. 6260, p. 519–519, 2015. Doi: 10.1126/science.350.6260.519-a.
- ROCHA, G. F. *et al.* Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 63, p. 341–349, 2011.
- RODRIGUES, L. N. Artigo: Água para produção de alimento. 2019. **EMBRAPA Cerrados**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/42157533/artigo-agua-para-producao-de-alimento>. Acessado em: 5 jun. 2020.
- ROJAS-DOWNING, M. *et al.* Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, v. 16, p. 145–163, 2017. Doi: 10.1016/j.crm.2017.02.001.
- SADOFF, C.W. *et al.* **Securing Water, Sustaining Growth. Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth**. UK: University of Oxford, 2015.
- SANTOS, F. M.; DE OLIVEIRA, R. P.; MAUAD, F. F. Evaluating a parsimonious watershed model versus SWAT to estimate streamflow, soil loss and river contamination in two case studies in Tietê river basin, São Paulo, Brazil. *Journal of Hydrology*, v. 29, p. 100685, 2020. Doi: 10.1016/j.ejrh.2020.100685.

- SCARAMUZZA, C. A. M. *et al.* Land-use and Land-cover mapping of the Brazilian Cerrado Based ased mainly on Landsat-8 Satellite Images. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 6, p. 1041–1051, 2017.
- SEP – SECRETARIA DE ESTADO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO; IJSN – INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. *Estudo integrado de uso e ocupação do solo e circulação urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória. Relatório 3*. Vitória: Governo do Estado do Espírito Santo, 2009. vol. Único.
- SIEBERT, S. *et al* Historical Irrigation Dataset (HID). *Hydrology and Earth System Sciences*, v.19, p.1521–1545, 2015. Doi: 10.13019/M20599
- SLOAT, L.L. *et al.* Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. *Nature Climate Change*, v.8, p. 214–218, 2018. Doi: 10.1038/s41558-018-0081-5
- SOJKA, R.E. *et a.* **Irrigation: Historical Perspective**. In *Encyclopedia of Soil Science*, 3 Ed. Boca Raton: CRC Pres. 2017. p. 3068.
- STOCKER, T.F. *et al.* Climate change 2013 the physical science basis: Working Group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**. p. 1–1535, 2013. Doi: 10.1017/CBO9781107415324
- TILMAN, D. *et al.*Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v.108, v. 50, p. 20260–20264, 2011. Doi: 10.1073/pnas.111643710
- USDA – UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Data & analysis - livestock and poultry: world markets and trade, 2018. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/livestock-and-poultry-world-markets-andtrade>. Acesso em: 20 de nov. 2020.
- VALENTIM, J.F.; ANDRADE, C.M.S. Tendências e perspectivas da pecuária bovina na Amazônia brasileira. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v. 4, n. 8, p. 7–30. 2009.
- VALERA, C.A. *et al.* The role of environmental land use conflicts in soil fertility: A study on the Uberaba River basin, Brazil. *Science of The Total Environment*, v.562, 463–473, 2016. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.046

SOBRE OS ORGANIZADORES

Francisco Jorge Carlos Souza Junior

Doutorando em Fitopatologia (UFRPE), possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará (2016) e mestrado em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2017).

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3478329578286004>

Mayara Castro Assunção

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal de Alagoas (2014), bolsista CNPq de Iniciação Científica e estagiária da Embrapa Tabuleiros Costeiros/UEP Rio Largo, desenvolvendo trabalhos na área de Fitopatologia/Nematologia. Mestre em Proteção de Plantas (2016) pelo PPGPP-UFAL, foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) de pós-graduação, com dissertação na área de Nematologia. Doutora em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo PPGF-UFRPE, foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) de pós-graduação, atuando na área de Nematologia. Foi professora substituta da Universidade Federal do Oeste da Bahia, ministrando disciplinas para o curso de Agronomia e Medicina Veterinária.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1471897399731360>

Tatiane Santos da Silva

Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará e Mestrado em Fitopatologia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2031270051314935>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agricultura Familiar: 44, 73, 75

Agrobiodiversidade: 73, 74

Ascophyllum Nodosum: 102, 103, 109, 110, 111

B

Bainha: 102, 105, 106, 107, 108, 110

Banco de Germoplasma: 73, 85, 86

Brachiaria Brizantha: 92, 101, 103, 111

Brachiaria Ruziziensis vs: 101, 103

C

Cafeeiro: 19, 89, 90, 91, 92, 93, 98, 99, 100

Coffea Arabica L.: 89, 90, 91, 93

Colle: 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141

Colmo: 26, 27, 102, 105, 106, 107, 108, 110

Controle Alternativo: 10, 20, 40

Crescimento Vegetativo: 89, 90, 91, 93, 98, 100

D

Diagnose: 43, 45

Diamidas: 90, 91, 92, 93

Doenças: 19, 22, 25, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 53, 54, 74, 75, 91, 126, 164

E

Enraizamiento: 130, 131, 133, 139, 140, 141

F

Fertilidade: 56, 57, 65, 103, 125, 128, 164, 166

Fertilizantes Fosfatados: 113, 114, 117, 120, 125

Fitonematoides: 10, 11, 45, 51, 52

Fungo: 22, 24, 28, 29, 34

Fusarium: 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

I

Inseticidas: 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100

L

Lâmina Foliar: 102, 105, 106, 108, 110

M

Manejo de Solo: 56

Massa Seca de Forragem: 101, 102, 105

Meloidogyne Incognita: 9, 10, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 43, 46, 51, 53

Microrganismos: 65, 66, 88, 103, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 145

N

Nutrição de Plantas: 113, 124

P

Pasco: 131, 133, 141

Preservação do Solo e da Água: 154

Produção Agropecuária: 56, 57, 60, 69, 70, 71

Psidium Guajava: 43, 44, 49, 51, 52, 54

R

Recursos Hídricos: 38, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 165, 166

Reguladores de Crescimento: 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 141

S

Segurança Alimentar: 73, 115, 116, 117, 145, 154, 157, 158

Sistemas Integrados: 56, 57, 60, 69, 71

Solanum Lycopersicum: 11, 33, 145, 151, 152

Solubilizadores de Fosfato: 112, 113, 115, 116, 120, 121, 124

Sustentabilidade: 28, 56, 68, 69, 113, 114, 115, 126, 144, 145, 154, 155, 156

Sustentabilidade: 28, 56, 68, 69, 113, 114, 115, 126, 144, 145, 154, 155, 156

Sustentável: 56, 57, 64, 66, 114, 115, 116, 125, 126, 152, 154, 156, 157, 163



científica digital



VENDA PROIBIDA - ACESSO LIVRE - OPEN ACCESS

