

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA 2

**RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS
LÍDIA FERREIRA MORAES
FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA
(ORGANIZADORAS)**

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA 2

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas



Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos
Lídia Ferreira Moraes
Fabiola Luzia de Sousa Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
D451	Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 2 / Organizadoras Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos, Lídia Ferreira Moraes, Fabíola Luzia de Sousa Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0376-0 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.760222306 1. Agronomia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. I. Silva-Matos, Raissa Rachel Salustriano da (Organizadora). II. Moraes, Lídia Ferreira (Organizadora). III. Silva, Fabíola Luzia de Sousa (Organizadora). IV. Título. CDD 630
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O agronegócio brasileiro vem se expandindo cada vez mais, isso se deve ao constante crescimento populacional, com isso tem-se uma demanda maior por alimentos e insumos necessários para os processos produtivos, as importações e exportações também tem a sua influência para tal acontecimento, já que o Brasil se destaca entre os países que mais produzem.

Entretanto, mesmo com toda informação já existente ainda se faz necessário o desenvolvimento de novos estudos, a fim de capacitar e minimizar alguns entraves existentes no sistema de produção, considerando o cenário atual a demanda por informações de boa qualidade é indispensável.

Com isso, o uso de tecnologias, técnicas e pesquisas necessitam estar atreladas na produção agrícola para desde modo obter sucesso e alta produtividade. Com base nisso a obra “Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia 2” vem com o intuito de trazer aos seus leitores informações essenciais para o sistema agrícola.

Apresentando trabalhos desenvolvidos e resultados concretos, com o objetivo de informatização e capacitação acerca deste setor, oferecendo a possibilidade do leitor de agregar conhecimentos sobre pesquisas desenvolvidas para a agricultura. Pesquisas que buscam contribuir para o aprimoramento dos pequenos, médios e grandes produtores. Desejamos a todos, uma excelente leitura!

Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos

Lídia Ferreira Moraes

Fabiola Luzia de Sousa Silva

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

A BIOACESSIBILIDADE COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE PESCADO

Fabiola Helena dos Santos Fogaça

Antônio Marques

Ricardo N. Alves

Ana L. Maulvault

Vera L. Barbosa

Patrícia Anacleto

Maria L. Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223061>

CAPÍTULO 2..... 14

SISTEMA ANFIGRANJA PARA PRODUÇÃO DE RÃS

Eduardo Pahor-Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223062>

CAPÍTULO 3..... 20

CHANGES IN THE CHEMICAL QUALITY OF PINK PEPPER FRUITS DURING STORAGE

Ygor Nunes Moreira

Talis da Silva Rodrigues Lima

Isabela Pereira Diegues

Diego de Mello Conde de Brito

Pedro Corrêa Damasceno-Junior

Marco Andre Alves de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223063>

CAPÍTULO 4..... 35

DESEMPENHO AGRONÔMICO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES EM RESPOSTA À SEMEADURA CRUZADA E CONVENCIONAL NA CULTURA DA SOJA

Glaucia Cristina Ferri

Alessandro Lucca Braccini

Renata Cristiane Pereira

Silas Maciel de Oliveira

Alvadi Antônio Balbinot Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223064>

CAPÍTULO 5..... 47

BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL COMO MITIGADORAS DOS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS

Roberto Cecatto Júnior

Lucas Guilherme Bulegon

Vandeir Francisco Guimarães

Rodrigo Risello

Athos Daniel Fidler

CAPÍTULO 6..... 74

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DE CHERNOSSOLOS NO ESTADO DO PIAUÍ

Herbert Moraes Moreira Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223066>

CAPÍTULO 7..... 81

FERMENTAÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA EM BENEFÍCIO DA SUSTENTABILIDADE SOCIAL E ECONÔMICA DA ATIVIDADE CAFEEIRA

Amara Alice Cerqueira Estevam

Ana Paula Lelis Rodrigues de Oliveira

Gabriel Henrique Horta de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223067>

CAPÍTULO 8..... 95

EFEITO CLONAL SOBRE O ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE MURUCIZEIRO

Walnice Maria Oliveira do Nascimento

Jennifer Carolina Oliveira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223068>

CAPÍTULO 9..... 100

DINÂMICA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO CONJUNTO TRATOR-PLANTADORA DE CANA

Victor Augusto da Costa Escarela

Rodrigo Silva Alves

Thiago Orlando Costa Barboza

José Augusto Neto da Silva Lima

Carlos Alessandro Chioderoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7602223069>

CAPÍTULO 10..... 105

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA, DIFERENTES SUBSTRATOS E VOLUMES DE RECIPIENTES

Gabriel Pinheiro Silva

Eduardo Mamoru Takakura

Adrielly Costa Souza

Dênmora Gomes de Araújo

Marcos André Piedade Gama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230610>

CAPÍTULO 11..... 117

IMPACTO DO MOMENTO DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA SOBRE O CONTROLE DE

DOENÇAS FOLIARES EM CULTIVARES DE TRIGO

Gustavo Castilho Beruski

André Belmont Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230611>

CAPÍTULO 12..... 130

LA PLURIACTIVIDAD CARACTERISTICA EN LA AGRICULTURA CAMPESINA FAMILIAR Y COMUNITARIA EN COLOMBIA

Ruben Dario Ortiz Morales

Arlex Angarita Leiton

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230612>

CAPÍTULO 13..... 150

PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-CAUPI POR *TRICHODERMA* sp. E FERTIACTYL GZ®

Maria Luiza Brito Brito

Tamirys Marcelina da Silva

Klayver Moraes de Freitas

Roberto Augusto da Silva Borges

Danielle Pereira Mendonça

Maria Carolina Sarto Fernandes Rodrigues

Gledson Luiz Salgado de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230613>

CAPÍTULO 14..... 157

CRESCIMENTO, CONCENTRAÇÃO E CONTEÚDO DE MACRONUTRIENTES EM *Pueraria phaseoloides* L., E SEUS EFEITOS NO DESENVOLVIMENTO EM UM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO

Jessivaldo Rodrigues Galvão

Ismael de Jesus Matos Viégas

Odete Kariny Souza Santos

Vanessa Melo de Freitas

Victor Hugo Tavares

Valdecyr da Costa Rayol Neto

Matheus Vinícius da Costa Pantoja

Naiane Franciele Barreira De Melo

Joel Correa de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230614>

CAPÍTULO 15..... 172

AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA POR DIFRAÇÃO DE RAIO-X EM SUÇO DE UMBU OBTIDO POR CO-CRISTALIZAÇÃO

Milton Nobel Cano-Chauca

Claudia Regina Vieira

Kelem Silva Fonseca

Marcos Ferreira dos Santos

Gabriela Fernanda da Cruz Santos

Heron Ferreira Amaral
Livia Aparecida Gomes Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230615>

CAPÍTULO 16..... 179

SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MELÃO E MELANCIA

Amália Santos da Silva Veras
Antonio Emanuel Souta Veras
Aldenice Oliveira Conceição
João Ítalo Marques Carvalho
Valdrickson Costa Garreto
Daniela Abreu de Souza
Fabiola Luzia de Sousa Silva
Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230616>

CAPÍTULO 17..... 187

ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL EM MILHO SEGUNDA SAFRA

Rogério Alessandro Faria Machado
Salete Lúcia Cótica Chapla
Marlus Eduardo Chapla
Márcio Roggia Zanuzo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230617>

CAPÍTULO 18..... 200

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBA DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA AGROFORESTAL AUTOMATIZADA

Lizardo Reina Castro
Belisario Candia Soto
Fernando Reyes
Eduardo Peña

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.76022230618>

SOBRE AS ORGANIZADORAS 212

ÍNDICE REMISSIVO..... 213

CAPÍTULO 1

A BIOACESSIBILIDADE COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS AO CONSUMO DE PESCADO

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Maria L. Carvalho

Universidade Nova de Lisboa

Lisboa – Portugal

<https://orcid.org/0000-0001-8898-7257>

Fabiola Helena dos Santos Fogaça

Laboratório de Bioacessibilidade, Embrapa

Agroindústria de Alimentos

Rio de Janeiro - RJ

<https://orcid.org/0000-0001-8055-4406>

António Marques

Divisão de Valoração do Pescado e Aquicultura,

Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Lisboa – Portugal

<https://orcid.org/0000-0001-6745-745X>

Ricardo N. Alves

Divisão de Valoração do Pescado e Aquicultura,

Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Lisboa – Portugal

Ana L. Maulvault

Divisão de Valoração do Pescado e Aquicultura,

Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Lisboa – Portugal

<https://orcid.org/0000-0003-4382-1135>

Vera L. Barbosa

Divisão de Valoração do Pescado e Aquicultura,

Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Lisboa – Portugal

<https://orcid.org/0000-0002-8103-598X>

Patrícia Anacleto

Divisão de Valoração do Pescado e Aquicultura,

Instituto Português do Mar e da Atmosfera

Lisboa – Portugal

<https://orcid.org/0000-0003-3750-9583>

RESUMO: O pescado é um alimento com elevado valor biológico e fonte de nutrientes para inúmeras comunidades no mundo. Porém, pode acumular contaminantes e representar um risco à saúde com seu consumo. A ferramenta da bioacessibilidade é usada para tornar as avaliações de riscos mais realistas. O presente estudo analisou a concentração e bioacessibilidade de Hg, Pb, As e Cd em sardinhas submetidas a diferentes tratamentos culinários. Conclui-se que não há risco associado ao consumo de sardinhas, com relação aos elementos tóxicos avaliados, ficando sobreaviso o consumo de sardinha frita por causa do seu conteúdo em As.

PALAVRAS-CHAVE: preparos culinários, riscos, sardinha, bioacessível.

BIOACCESSIBILITY AS TOOL FOR RISK ASSOCIATED WITH SEAFOOD CONSUMPTION

ABSTRACT: Seafood is a food with high nutritional value and income of nutrients for innumerable world populations. However, seafood could accumulate contaminants and represent a consumption risk for healthy. Bioaccessibility is a tool that could be used to become the risk analysis more realistic. The present study analyzed the concentration and bioaccessibility of Hg, Pb,

As and Cd in sardines with different culinary practices. Results showed no risk associated with sardine consumption, with certain concern about fried sardine because it high As content. **KEYWORDS:** Culinary practices, risks, sardine, bioaccessible.

1 | INTRODUÇÃO

O pescado é a principal fonte de proteína animal na alimentação humana mundial. Possui elevado valor nutritivo biológico, é o alimento básico para muitas populações e gerador de riquezas oriundas da pesca e aquicultura. É também uma das commodities alimentares mais negociadas em todo o mundo. Em 2018, foram produzidas 179 milhões de toneladas de pescado no mundo, com valor estimado em US\$ 401 bilhões. Estima-se que o pescado representará 50% do consumo de proteína de origem animal em 2030 (FAO, 2020).

Em termos nutricionais, o pescado, além de possuir proteínas de elevado valor biológico (alta digestibilidade), é rico em vitaminas (A, D, B12, E), minerais (selênio, potássio, cálcio, fósforo, ferro, etc.) e ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), especificamente eicosapentaenoico (EPA) e docosaexaenoico (DHA) (FAO, 2014). Nos últimos anos, o benefício do consumo desses elementos (particularmente DHA e EPA) na saúde humana tem sido extensivamente estudado em sistemas celulares, ensaios clínicos e estudos epidemiológicos (BUTLER et al., 2021). EPA e DHA são importantes no desenvolvimento fetal (RAMAKRISHNAN et al., 2010), na prevenção de doenças cardiovasculares e cancerígenas (SANTOS et al., 2013), e recentemente apresentaram resultados promissores em pacientes com Alzheimer (SWANSON et al., 2012).

Apesar de ser um excelente alimento, o pescado pode acumular elementos tóxicos como mercúrio (Hg), cádmio (Cd), chumbo (Pb) e arsênio (As) na musculatura ou filés, resultantes da poluição dos corpos de água por uma infinidade de contaminantes químicos presentes naturalmente no ambiente ou inadvertidamente pela ação antrópica de efluentes domésticos, agrícolas, industriais e até mesmo da própria aquicultura (MARQUES et al., 2011). É reconhecido que estes elementos têm ação mutagênica, teratogênica e neurotóxica e podem interferir com as funções do corpo humano alterando o funcionamento do sistema renal, endócrino, gastrointestinal, cardiovascular e nervoso (LUND, 2013).

O mercúrio é originado a partir da combinação da queima de resíduos industriais juntamente com combustíveis fósseis como carvão. Em corpos de água, durante os processos biológicos de decomposição, pode haver uma metilação bacteriana do Hg na sua forma mais tóxica, o metil-mercúrio (MeHg) (CHOWDHURY et al., 2004). Absorvido e acumulado pelos organismos marinhos, o MeHg liga-se fortemente às proteínas do tecido animal, atingindo os seres humanos por meio da cadeia alimentar. Os sintomas na saúde humana dependem do grau de exposição ao Hg, e incluem fraqueza muscular generalizada, fadiga, dor de cabeça, irritabilidade e dificuldade de concentração. Em casos

graves, causam tremores, espasmos, coma e até mesmo a morte (FDA, 1995).

Emissões de cádmio são originadas a partir de fontes industriais, incluindo combustão de combustíveis fósseis, escórias de purificação de metais, fertilizantes fosfatados e lodo de esgoto. Este elemento é excretado lentamente quando ingerido, sendo acumulado no rim e fígado. Longos períodos de exposição ao Cd resultam em disfunção renal irreversível (IPCS, 1992a, 1992b). Também está associado a doenças ósseas, influenciando no metabolismo do cálcio (GOYER et al., 1995) e foi classificado como agente cancerígeno humano (IARC, 2012).

A contaminação por chumbo surge a partir de várias fontes, incluindo a fundição, fabricação de baterias, tintas e pigmentos, combustão do carvão e incineração de resíduos sólidos (MAÑAY et al., 2008), que contaminam alimentos, solo e pinturas. Quando inalado, é absorvido ao longo do trato respiratório e gastrointestinal, provocando perda de apetite, constipação, anemia, palidez, mal-estar, fraqueza, insônia, dores de cabeça, irritabilidade, neuropatia periférica em adultos, encefalopatia em crianças, dores musculares e articulares, tremores finos, cólica, pressão arterial elevada, problemas renais e câncer em adultos (RENNER, 2009).

O arsênico é usado em agrotóxicos, no tratamento de madeiras e ligas metálicas, na fabricação de pigmentos e anti-incrustantes, na medicina terapêutica e veterinária (FITZGERALD, 1983). Pode ser encontrado na forma inorgânica (As^{+3} , mais tóxica) ou nas formas orgânicas (arsenobetaína em peixes e crustáceos) (FRANCESCONI, 2007). Diversas enzimas celulares são afetadas pelo arsênio, que em altas doses pode causar a morte por dano à respiração celular. Seu acúmulo no organismo pode causar doenças de pele, cardiovasculares e distúrbios do sistema vascular periférico, a médio e longo prazo (MILTON et al., 2004).

A fim de regular a exposição humana a alguns destes contaminantes, agências internacionais estabeleceram limites máximos admissíveis e doses semanais toleráveis, além de elaborarem orientações sobre a ingestão de metais tóxicos pelos consumidores. Para o MeHg a dose semanal tolerável provisória (PTWI) é de 1,3 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal; para Cd de 2,5 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal; para Pb de 25,0 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal (conforme as orientações do Comitê de Especialistas em Aditivos Alimentares, EFSA, 2012) e para As inorgânico de 15 $\mu\text{g/kg}$ de peso corporal (Organização Mundial da Saúde, WHO, 2013).

As doses toleráveis de ingestão são combinadas com dados de consumo de alimentos, ou na ausência destas informações, cenários de consumo (SCHOLL et al., 2012), para determinar o risco/benefício associado ao consumo do pescado. Essa avaliação de riscos/benefícios é particularmente importante em países com elevado consumo per capita de pescado, como Maldivas, Japão, Islândia e Portugal (FAO, 2014), uma vez que essas populações podem estar expostas a um risco acrescido. Lopes (2009) avaliou se os limites máximos estabelecidos pela lei para Cd, Pb e MeHg garantiam ausência de risco de exposição a doses superiores às consideradas seguras em Portugal. Para o MeHg

foi identificado um risco potencial. Cardoso et al. (2014) concluíram que para mulheres grávidas e lactantes a ingestão de tamboril (*Lophius piscatorius* e *Lophius budegassa*) e peixe-espada-preto (*Aphanopus carbo*), peixes com consumo elevado em Portugal, deve ser limitado a menos de uma ingestão por semana, de preferência uma refeição mensal, a fim de manter o risco de contaminação por MeHg a um nível insignificante.

Esses limites, assim como a avaliação dos riscos na ingestão do pescado em geral, são questionáveis, pois além de serem subestimados em populações com elevado consumo per capita de pescado, são determinados na matéria-prima in natura, enquanto a maioria dos produtos é consumida após cozimento. As autoridades justificam que há muita diversidade nos hábitos de consumo da população, porém, isto significa que os consumidores que comem regularmente alimentos com níveis de contaminantes próximos aos valores toleráveis podem estar em perigo se as suas práticas de culinária exacerbarem a bioacessibilidade dos contaminantes e, portanto, não estarão protegidos pela legislação vigente (MARQUES et al., 2011).

A bioacessibilidade refere-se à porção do alimento que é realmente absorvida após a digestão no trato gastrointestinal (SAURA-CALIXTO et al., 2007), atingindo a circulação sistêmica e tornando-se biodisponível. É preciso identificar os principais compostos presentes no pescado e equilibrar os riscos derivados dos contaminantes com os benefícios de alguns nutrientes, tais como o n-3 AGPI, pela quantificação da bioacessibilidade desses compostos, tornando as avaliações de risco/benefício mais realistas (AFONSO et al., 2015). Nesse sentido, também é importante avaliar o efeito do tratamento culinário que afeta tanto a composição de nutrientes e contaminantes presentes na matriz (COSTA et al., 2013), quanto sua bioacessibilidade.

A bioacessibilidade de um composto é dependente da matriz alimentícia, do método de preparo, método de digestão *in vitro* utilizado e do contaminante ou nutriente a ser avaliado (MAULVAULT et al., 2011). Estudos de bioacessibilidade do Cd, Hg e As mostraram uma maior biodisponibilidade do As em ensaios digestivos aplicados à amostras cruas de caranguejo (*Cancer paguros*) e menor em amostras cozidas de peixe espada preto (*Aphanopus carbo*). O pH ácido pode ter efeito de solubilização e consequente disponibilidade do As no trato gastrointestinal (OOMEN et al., 2003), enquanto que a desnaturação de proteínas durante o cozimento pode levar ao encolhimento do músculo, tornando-o mais compacto e menor acessível às enzimas digestivas (KULP et al., 2003).

O efeito da presença de fibras insolúveis também pode alterar a solubilidade do Hg, formando compostos que reduzem sua bioacessibilidade (SHIM et al., 2009). Essa mudança estrutural ocorrida na solubilidade do Hg durante o tratamento culinário ou sua ligação com outros ingredientes pode ser observada em filés empanados com farinha de trigo (MAULVAULT et al., 2011). Em geral, a exposição ao calor durante o preparo de alimentos pode desnaturar proteínas, limitando a atividade de enzimas gastrointestinais que degradam as estruturas proteicas ligadas ao Hg e demais elementos (Cd, Fe, Se, Zn)

(TORRES-ESCRIBANO et al., 2011).

Os dados de bioacessibilidade dos compostos combinados a ferramentas estatísticas com base na Teoria Extrema Especial (EVT) (TRESSOU et al., 2004), podem inferir, em avaliações simultâneas e muito mais precisas, os riscos e benefícios associados ao consumo de pescado. A EVT utiliza valores extremos de consumo e contaminantes (muito elevados no caso de contaminantes ou muito baixos no caso de nutrientes essenciais), relacionados à variabilidade individual das populações estudadas. Por exemplo: pode-se recomendar o consumo de determinado pescado avaliando-se ao mesmo tempo o benefício da ingestão de DHA e EPA e sua combinação com a presença de Hg, Cd e As (MAULVAULT et al., 2011).

Os impactos da qualidade do pescado na saúde são bastante complexos e exigem estudos aprofundados. Além disso, estes aspectos variam em função do tempo, espaço e origem (selvagem versus cativeiro). Esses fatores têm sofrido alterações nas últimas décadas, devido às mudanças climáticas que podem alterar e modificar a distribuição de contaminantes no ambiente, potencializando a bioacumulação desses elementos na cadeia alimentar. Portanto, independente da origem, o desafio atual será o de fornecer alimento em quantidade e qualidade. Este último aspecto só pode ser avaliado por meio da análise nutricional do produto. Assim, justifica-se um estudo mais profundo desses fatores e seus métodos analíticos a fim de determinarem-se metodologias confiáveis para a rastreabilidade e segurança do pescado, considerado a principal via alimentar de exposição a contaminantes que afetam habitat e ecossistemas de água doce e marinha.

Diante do exposto, o presente estudo utilizou a bioacessibilidade como ferramenta para avaliação dos riscos associados ao consumo de pescado, sujeito a tratamento culinário ou não e recorrendo à simulação do trato digestivo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Foram utilizados reagentes PA ou suprapuro e material de referência certificado como amostra padrão nas análises (Tabela 1).

Descrição	Especificações	Principais usos
DORM-4*	Fish Protein Reference Material for Trace Metals (NRC – Canada)	Utilizado na determinação de elementos essenciais em peixes.
*As = 6.87 ± 0.44 mg/kg; Cd = 0.299 ± 0.018 mg/kg; Ca = 2360 ± 140 mg/kg; Cr = 1.87 ± 0.18 mg/kg; Cu = 15.7 ± 0.46 mg/kg; Fe = 343 ± 20 mg/kg; Pb = 0.404 ± 0.062 mg/kg; Mg = 910 ± 80 mg/kg; Mn = 3.17 ± 0.26 mg/kg; Hg = 0.412 ± 0.036 mg/kg; K = 15 500 ± 1000 mg/kg; Se = 3.45 ± 0.40n = 51.6 ± 2.8 mg/kg; Metil Hg = 0.355 ± 0.028 mg/kg.		

Tabela 1. Material de referência certificado utilizado nas análises.

2.2 Amostras

Foram utilizadas exemplares sardinhas produzidas e comercializadas em Portugal. As sardinhas foram adquiridas frescas em um supermercado local, transportadas ao laboratório (cerca de 5 minutos), lavadas em água corrente potável, biometricamente caracterizadas com auxílio de uma régua, pesadas em balança semi-analítica, evisceradas e pesadas novamente para cálculos de rendimentos de filé/músculo (Tabela 2).

Descrição	Comp. (cm)	Peso inicial (g)	Peso Eviscerado (g)	Peso processado (g)	Peso do Filé (g)	Rendimento eviscerado (%) ¹	Rendimento de Filé (%) ²	Rendimento do preparo culinário (%) ³
Crua	19,51±2,16	69,88±10,09	60,14±8,39	-	33,00±4,57	86,17±3,43	47,43 ± 4,17	-
Frita	19,31±1,03	74,04±15,44	63,54±13,44	50,05±10,60	32,64±6,85	85,81±3,00	44,23 ± 3,57	67,62 ± 3,43
Cozida	18,92±0,57	70,52±7,43	61,81±7,20	52,47±6,36	34,78±4,99	87,56±1,57	49,20 ± 3,41	74,30 ± 2,14
Grelhada	18,91±0,51	69,89±5,46	68,58±6,18	49,18±6,28	28,93±3,71	97,87±3,01	41,33 ± 3,51	70,17 ± 4,22

¹ Rendimento eviscerado = (Peso eviscerado x 100)/ Peso inicial;

² Rendimento Filé = (Peso dos filés x 100)/Peso inicial;

³ Rendimento do preparo culinário = (Peso do peixe frito/cozido/grelhado x 100)/Peso inicial.

Tabela 2. Biometria e rendimentos da sardinha.

2.3 Preparo culinário

O preparo das amostras seguiu a metodologia descrita por Maulvalt et al. (2011). Foram utilizados quatro tratamentos: 1) amostra crua/controle; 2) amostra grelhada em grelhador doméstico (Flama Sketch) com 2.000 W de potência, durante 5 minutos de cada lado a uma temperatura próxima aos 180 °C; 3) amostra frita em fogão doméstico alimentado por gás butano, em óleo vegetal de girassol a aproximadamente 200 °C durante três minutos de cada lado; e 4) amostra cozida em papel alumínio em forno a vapor (Rational Combi-master CM6, Landsberg am Lech, Alemanha) a temperatura de 90 °C durante 10 minutos. Foram feitos três pools por tratamento, cada pool composto por 15 filés. Após cada preparo, a parte edível/músculo foi retirada, homogeneizada em um processador doméstico, armazenada em recipientes estéreis e mantida congelada a -20°C até o momento das análises de contaminantes e nutrientes e a -80 °C para as análises de ácidos graxos.

2.4 Bioacessibilidade – Método de digestão *in vitro*

Foi utilizado o modelo experimental *in vitro* segundo Cardoso et al. (2014) e Minekus et al. (2014) com simulação da digestão humana para diferentes alimentos. As amostras foram digeridas em quatro sucos digestivos formulados em laboratório: saliva, gástrico, duodenal e biliar. Tubos de Nalgene com capacidade para 50 mL foram pesados e tarados.

A cada tubo foi adicionado 1,5 g de amostra. A digestão foi realizada em triplicata com o uso de dois tubos controle contendo somente os sucos digestivos. Foram adicionados 4,0 mL de suco, com posterior agitação em vortex durante 30 segundos e ajuste do pH para $7,0 \pm 0,2$ com uso de soluções NaOH (1M) e HCl (1M). As amostras foram então incubadas a 37 °C durante 5 minutos em estufa e sem agitação. Após a digestão na boca, 8,0 mL de suco gástrico mais duas gotas de HCl (37%) foram adicionados aos tubos, agitados em vortex por 30 segundos e o pH ajustado em $2,0 \pm 0,2$. Foi realizada nova incubação a 37 °C durante 2 horas com agitação constante, sendo que após 30 minutos a temperatura dos tubos foi verificada. Finalizada a digestão do estômago, foram adicionados 8,0 mL de suco duodenal, 4,0 mL de suco biliar, 1,33 mL de NaHCO_3 (84,7 g/l) e 224 μL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22,2 g/l) para cada tubo. As amostras foram agitadas em vortex durante 30 segundos e o pH ajustado para $7,0 \pm 0,2$. Foi realizada a ultima incubação a 37 °C durante 2 horas com agitação constante. Finalizada a digestão, os tubos foram resfriados em gelo, pesados, centrifugados a 4000 rpm durante 10 minutos a 4 °C. A porção bioacessível ou líquida foi transferida para tubos Falcon 50 mL e congelada para as análises (As, Pb, Cd, Hg e ácidos graxos) e a porção não digerida também chamada de pellet foi pesada e congelada. Para análise da porcentagem de digestão das amostras foi realizada análise do teor de nitrogênio da amostra fresca e do pellet. Os percentuais proteicos da porção bioacessível devem estar acima de 70 % para uma digestão satisfatória.

2.5 Determinação de nutrientes e contaminantes

2.5.1 Composição centesimal

Os teores de umidade e cinzas foram determinados segundo a AOAC (2005). O teor de proteína bruta foi quantificado conforme Saint-Denis e Goupy (2004) (Método de Combustão de Dumas), utilizando aparelho analisador de azoto/N (LECO, FP-528). O teor lipídico foi determinado pelo método de Folch et al. (1957). As análises foram realizadas em duplicata, sendo utilizados três pools por tratamento (n=6). Todas as amostras foram armazenadas a - 18 °C e descongeladas a 10 °C por um período de 24 horas antes das análises.

2.5.2 Elementos tóxicos (As, Cd, Pb e Hg)

A determinação de Arsênio, Cadmio e Chumbo foi baseada na norma EN 15763:2009, com digestão em forno micro-ondas (CEM, MARS 5, França). Pesou-se 1,0 g da amostra para os vasos de digestão, adicionou-se 4,0 mL de ácido nítrico supra puro (65% v/v) e 1,0 mL de peróxido de hidrogênio P.A. (30% v/v), selou-se o vaso e colocou-se o mesmo no micro-ondas, selecionando-se o programa para digestão (temperatura de 210 °C, durante 15 minutos, a uma pressão de 350 psi). Após a digestão, as amostras foram transferidas com o auxílio de uma pisseta contendo água ultra pura para balão volumétrico de 25 mL.

A porção bioacessível foi apenas centrifugada a 4000 rpm durante 15 minutos, a 4 °C, e filtrada em filtro seringa de 0,22 mm para leitura direta no equipamento.

As amostras digeridas foram transportadas ao INSA, Lisboa, Portugal para leitura por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, Thermo Elemental, X-Series, Reino Unido). A calibração foi feita usando-se soluções padrão certificadas. Os resultados foram expressos em ppb (partes por bilhão) e quantificados pelo software do equipamento utilizando-se o peso inicial da amostra e o volume final como referências.

A determinação do teor de mercúrio foi realizada utilizando-se o método descrito por Afonso et al. (2015), por espectrometria de absorção atômica utilizando-se um analisador automático de Hg (Leco aparelho AMA 254, EUA). Inicialmente foi feita uma decomposição térmica e química da amostra em forno, com posterior arraste do vapor de mercúrio pelo oxigênio até à célula de absorção do espectrofotômetro para leitura da absorção em comprimento de onda de 253,7 nm. Aproximadamente 20 mg da amostra fresca e 200 µL da porção bioacessível foram usados na determinação do mercúrio total. O material referência certificado DORM-4 foi utilizado como controle. Os resultados foram expressos em mg/kg ou ppm.

2.6 Análises de risco associado ao consumo de pescado

A avaliação do risco-benefício foi realizada determinando-se a ingestão de Hg, Cd, As, Pb por meio do consumo da sardinha, assim como a probabilidade associada de exceder as doses semanais toleráveis (TWI). Para isso foi realizada uma pesquisa para caracterização do perfil dos consumidores das espécies citadas (idade, sexo, localização, educação, número de membros da família), hábitos de consumo (MAULVAULT et al., 2013). Os consumos médios semanais (CMS) foram estimados pela combinação das frequências de consumo na população pesquisada e da concentração de cada constituinte determinada no projeto (GAUCHI, LEBLANC, 2002).

3 | RESULTADOS

3.1 Composição centesimal

A composição das amostras está descrita na tabela 3. O tratamento culinário reduziu a porcentagem de umidade para as amostras cozidas, porem manteve a porcentagem de gordura similar nas amostras cruas e cozidas. Os maiores teores de proteína bruta foram determinados nas amostras fritas e grelhadas. Essa diferença na composição entre as amostras se deve a concentração de nutrientes com redução da umidade e oxidação da gordura pela ação da temperatura (tabela 3).

Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteína Bruta (%)	Lípídeos (%)
Sardinha Crua	59,66±1,65 ^a	1,09±0,05 ^c	15,66±0,42 ^b	19,96±1,62 ^a
Sardinha Frita	62,19±1,12 ^a	1,82±0,11 ^b	22,99±0,40 ^a	14,98±3,57 ^b
Sardinha Cozida	56,05±1,24 ^b	2,12±0,20 ^a	18,99±0,42 ^b	18,45±1,49 ^a
Sardinha Grelhada	60,37±0,47 ^a	1,65±0,05 ^b	23,15±0,30 ^a	14,79±4,41 ^b

Tabela 3. Composição centesimal da sardinha.

A tabela 4 apresenta a porcentagem de digestão das amostras pela determinação do N-total na porção bioacessível. Todas as amostras apresentaram alta taxa de digestão (>70%), validando os resultados da bioacessibilidade.

Amostra	N na amostra fresca (mg)	Taxa de digestão ou recuperação (%)
Sardinha Crua	37,61 ± 0,01	73,28 ± 0,00
Sardinha Frita	55,98 ± 0,01	76,06 ± 2,76
Sardinha Cozida	46,62 ± 0,01	70,22 ± 1,57
Sardinha Grelhada	57,34 ± 0,01	73,43 ± 0,67

Tabela 4. Porcentagem de digestão das amostras com base na análise de N-total antes e após a digestão *in vitro*.

3.2 Bioacessibilidade de contaminantes

A bioacessibilidade dos contaminantes foi calculada pela diferença entre a quantidade inicial determinada na amostra fresca e a quantidade final determinada na porção bioacessível. Para efeito de avaliação do risco no consumo do pescado, o arsênio total (As), o cádmio (Cd), o mercúrio total (Hg) e o chumbo (Pb) foram destacados na tabela 5. Nenhuma amostra apresentou concentração desses elementos acima do limite permitido pela legislação (As = 1,0 mg/kg; Cd = 0,1 mg/kg; Hg = 0,5 mg/kg em espécies não predadoras; Pb = 2,0 mg/kg). Para o As a sardinha cozida apresentou as menores taxas de bioacessibilidade, enquanto a sardinha crua apresentou menor bioacessibilidade para o Cd. O cozimento reduziu substancialmente a bioacessibilidade do mercúrio total, e a fritura quase zerou a bioacessibilidade do Pb (Tabela 5).

Amostra	Tratamento Culinário	As	% Bio As	Cd	% Bio Cd	Hg	% Bio Hg	Pb	% Bio Pb
Sardinha	Crua	3644,01 ^b	10,95 ^c	2,75 ^c	3,57 ^a	36,13 ^a	5,82 ^c	21,20 ^a	9,43 ^c
	Frita	5319,88 ^a	10,65 ^c	9,52 ^b	10,53 ^b	38,59 ^a	1,55 ^a	27,81 ^a	0,36 ^a
	Cozida	3641,51 ^b	3,60 ^a	4,75 ^{bc}	8,33 ^b	30,26 ^a	1,65 ^a	18,23 ^a	6,04 ^b
	Grelhada	2969,48 ^b	8,70 ^b	16,2 ^a	9,81 ^b	40,49 ^a	2,22 ^b	23,85 ^a	5,02 ^b
C.V.		0,26		0,72		0,12		0,18	

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas entre as amostras (P<0,05). C.V. = coeficiente de variação.

Tabela 5. Concentração (ppb) dos elementos considerados tóxicos nas amostras frescas (antes da digestão *in vitro*) e % de bioacessibilidade.

O risco associado ao consumo das espécies avaliadas foi quantificado por meio da porcentagem em que a dose de ingestão diária (µg/kg de peso corporal) excede a ingestão semanal tolerável (TWI) do contaminante (As, Cd, Hg e Pb), considerando um adulto de 60 kg com uma ingestão diária de 150 g de pescado, duas vezes na semana (Tabela 7).

O risco associado ao consumo de arsênio (As) só foi significativo para sardinha frita. Para as demais amostras, não houve consumo além da TWI. Isso quer dizer, que não há risco de consumo dessas espécies, para um adulto de 60 kg com ingestão semanal de até 300 g de pescado (Tabela 7). Para os elementos Hg e Pb também não houve risco associado ao seu consumo, pois as concentrações iniciais e sua bioacessibilidade foram bem abaixo do limite estabelecido pela legislação.

Amostra	As - TWI (µg/kg de peso corporal)		Cd - TWI (µg/kg de peso corporal)		Hg - TWI (µg/kg de peso corporal)		Pb - TWI (µg/kg de peso corporal)	
	µg/kg	% excedida	µg/kg	% excedida	µg/kg	% excedida	µg/kg	% excedida
Sardinha Crua	13.3	-11.3	0.0	-99.8	0.1	-95.3	0.1	-100.0
Sardinha Frita	18.9	25.9	0.0	-98.7	0.0	-98.6	0.0	-99.9
Sardinha Cozida	4.4	-70.9	0.0	-99.5	0.0	-98.9	0.0	-99.8
Sardinha Grelhada	8.6	-42.6	0.1	-97.9	0.0	-98.1	0.0	-99.9

Considerando TWI de 15 µg/kg peso corporal para o As, de 2,5 µg/kg peso corporal para o Cd, de 1,5 µg/kg peso corporal para o Hg e de 25 µg/kg peso corporal para o Pb.

Tabela 7. Concentração média de As, Cd, Hg e Pb (inicial e bioacessível) nas amostras, em µg/kg, e a dose semanal estimada (TWI), expressa em µg/kg peso corporal, para um adulto de 60 kg com uma ingestão semanal de 300 g de pescado (2 porções).

Conclui-se que não há risco associado ao consumo de sardinhas, com relação aos elementos tóxicos avaliados, ficando sobreaviso o consumo de sardinha frita por causa do seu conteúdo em As.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, C.; COSTA, S.; CARDOSO, C.; BANDARRA, N.; BATISTA, I.; COELHO, I.; CASTANHEIRA, I.; NUNES, M.L. Evaluation of the risk/benefit associated to the consumption of raw and cooked farmed meagre based on the bioaccessibility of selenium, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid, total mercury, and methylmercury determined by an In Vitro digestion model. **Food Chemistry**, v. 170, p. 249-256, 2015.
- AOAC. **Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International**, 18th Ed. Gaithersburg: AOAC, 2005.
- BUTLER, M. J.; DEEMS, N. P.; MUSCAT, S.; BUTT, C. M.; BELURY, M. A.; BARRIENTOS, R. M. Dietary DHA prevents cognitive impairment and inflammatory gene expression in aged male rats fed a diet enriched with refined carbohydrates. **Brain, Behavior, and Immunity**, v.98, p. 198-209, 2021.
- CARDOSO, C.; AFONSO, C.; LOURENÇO, H.M.; NUNES, M.L. Assessing risks and benefits of consuming fish muscle and liver: Novel statistical tools. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.38, p.112–120, 2014.
- CHOWDHURY, M.J.; MCDONALD, D.G.; WOOD, C.M. Gastrointestinal uptake and fate of cadmium in rainbow trout acclimated to sublethal dietary cadmium. **Aquatic Toxicology**, v.69, p.149–163, 2004.
- COSTA, S.; AFONSO, C.; BANDARRA, N.M.; GUEIFÃO, S.; CASTANHEIRA, I.; CARVALHO, M.L.; CARDOSO, C.; NUNES, M.L. The emerging farmed fish species meagre (*Argyrosomus regius*): How culinary treatment affects nutrients and contaminants concentration and associated benefit-risk balance. **Food and Chemical Toxicology**, v.60, p.277-285, 2013.
- EFSA. **Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food**. EFSA Journal, v.10, p. 2985, 2012.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Roma: FAO. 235 p. 2020.
- FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014**. Roma: FAO. 223 p. 2014.
- FDA. **Mercury in fish: Cause for concern?** Washington: Food and Drug Administration Consumer. 7p.1995.
- FITZGERALD, L. Arsenic sources, productions and applications in the 1980s. In: LERDERE, W.H.; FRERNSTEIN, R.J. (Eds.), **Arsenic, Industrial, Biomedical, and Environmental Perspectives**. New York: Van Nostrand Reinold Co. pp. 3–8, 1983.
- FOLCH J, LEES M, SLOANE, C. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, p.497-509, 1957.
- FRANCESCONI, K. A. Toxic metal species and food regulations-making a healthy choice. **The Analyst**, v.132, p.17–20, 2007.
- GAUCHI, J-P.; LEBLANC, J-C. Quantitative Assessment of Exposure to the Mycotoxin Ochratoxin A in Food. **Risk Analysis**, v.22, p.1-16, 2002.
- GOYER, R.A.; KLAASSEN, C.D.; WAALKES, M.P. **Metal toxicology**. San Diego: Academic Press. 1995.

IARC. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100C**. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2012. Available at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304375/>. Accessed on may, 2022.

IPCS. **Cadmium - Environmental Aspects Environmental Health Criteria 135**. Geneva: WHO, 156pp. 1992b.

IPCS. **Cadmium Environmental Health Criteria 134**. Geneva: WHO, 280pp. 1992a.

KULP, K.S.; FORSTON, S.L.; KNIZE, M.G.; FELTON, J.S. An in vitro model system to predict the bioaccessibility of heterocyclic amines from a cooked meat matrix. **Food Chemistry and Toxicology**, v.41, p.1701–1710, 2003.

LOPES, A.M.R.M. **Avaliação da contaminação em metais pesados no pescado: Análise da situação do pescado comercializado em Portugal e dos alertas emitidos pelo sistema RASFF (Rapid Alert System for Food and Feed)**, 2009, 181 fls. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança alimentar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa), Lisboa, 2009.

LUND, E.K. **Health benefits of seafood; is it just the fatty acids?** *Food Chemistry*, v.140, p.413–420, 2013.

MAÑAY, N.; COUSILLAS, A. Z.; ALVAREZ, C.; HELLER, T. Lead contamination in Uruguay: the “La Teja” neighborhood case. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, v.195, p.93–115, 2008.

MARQUES, A.; LOURENÇO, H.M.; NUNES, M.L.; ROSEIRO, C.; SANTOS, C.; BARRANCO, A.; RAINIERI, S.; LANGERHOLC, T.; CENCIC, A. New tools to assess toxicity, bioaccessibility and uptake of chemical contaminants in meat and seafood. **Food Research International**, v.44, p.510–522, 2011.

MAULVAULT, A.L.; CARDOSO, C.; NUNES, M.L.; MARQUES, A. Risk-benefit assessment of cooked seafood: Black scabbard fish (*Aphanopus carbo*) and edible crab (*Cancer pagurus*) as case studies. **Food Control**, v.32, p. 518-524, 2013.

MAULVAULT, A.L.; MACHADO, R.; AFONSO, C.; LOURENÇO, H.M.; NUNES, M.L.; COELHO, I.; LANGERHOLC, T.; MARQUES, A. Bioaccessibility of Hg, Cd and As in cooked black scabbard fish and edible crab. **Food and Chemical Toxicology**, v.49, p.2808-2815, 2011.

MINEKUS, M., ALMINGER, M., ALVITO, P., BALLANCE, S., BOHN, T., BOURLIEU, C., CARRIERE, F., BOUTROU, R., CORREDIG, M., DUPONT, D., DUFOUR, C., EGGER, L., GOLDING, M., KARAKAYA, S., KIRKHUS, B., LE FEUNTEUN, S., LESMES, U., MACIERZANKA, A., MACKIE, A., MARZE, S., MCCLEMENTS, D. J., MENARD, O., RECIO, I., SANTOS, C. N., SINGH, R. P., VEGARUD, G. E., WICKHAM, M. S. J., WEITSCHIES, W., BRODKORB, A. A standardized static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. **Food and Function**, v.5, p. 1113, 2014.

MILTON, A. G.; ZALEWSKI, P.D.; RATNAIKE, R.N. Zinc protects against arsenic induced apoptosis in a neuronal cell line, measured by DEVD-caspase activity. **Biometals**, v.17, p.707–713, 2004.

OOMEN, A.G.; ROMPELBERG, C.J.M.; BRUIL, M.A.; DOBBE, C.J.G.; PEREBOOM, D.P.K.H.; SIPS, A.J.A.M. Development of an in vitro digestion model for estimating the bioaccessibility of soil contaminants. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v.44, p.281–287, 2003.

RAMAKRISHNAN, U.; STEIN, A.D.; PARRA-CABRERA, S.; WANG, M.; IMHOFF-KUNSCH, B.; JUAREZ-MARQUEZ, S.; RIVERA, J.; MARTORELL, R. Effects of docosahexaenoic acid supplementation during pregnancy on gestational age and size at birth: randomized, double-blind, placebo-controlled trial in Mexico. **Food Nutrition Bulletin**, v.31, p.S108–160, 2010.

RENNER, R. Out of plumb: when water treatment causes lead contamination. **Environmental Health Perspectives**, v.117, p.A543–A547, 2009.

SAINT-DENIS, T.; GOUPY, J. Optimization of a nitrogen analyser based on the Dumas method. **Analytica Chimica Acta**, v.515, p.191- 198, 2004.

SANTOS, R.D.; GAGLIARDI, A.C.M.; XAVIER, H.T.; MAGNONI, C.D.; CASSANI, R.; LOTTENBERG, A.M. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v.100, p.1-40, 2013.

SAURA- CALIXTO, F.; SERRANO, I.; GONI, I. Intake and bioaccessibility of total polyphenols in whole diet. **Food Chemistry**, v. 101, p.492-501, 2007.

SCHOLL, G.; HUYBRECHTS, I.; HUMBLET, M.F.; SCIPPO, M.L.; DE PAUW, E.; EPPE, G.; SAEGERMAN, C. Risk assessment for furan contamination through the food chain in Belgian children. **Food Additives and Contaminants – Part A**, v.29, p.1219–1229, 2012.

SHIM, S.M.; FERRUZZI, M.G.; KIM, Y.C.; JANLE, E.M.; SANTERRE, C.R. Impact of phytochemical-rich foods on bioaccessibility of mercury from fish. **Food Chemistry**, v.112, p.46–50, 2009.

SWANSON, D.; BLOCK, R.; MOUSA, S.A. Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life. **Advanced in Nutrition**, v.3, p.1-7, 2012.

TORRES-ESCRIBANO, S.; RUIZ, A.; BARRIOS, L.; VÉLEZ, D.; MONTORO, R. Influence of mercury bioaccessibility on exposure assessment associated with consumption of cooked predatory fish in Spain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.91, p.981–986, 2011.

TRESSOU, J.; CRÉPET, A.; BERTAIL, P.; FEINBERG, M. H.; LEBLANC, J. C. Probabilistic exposure assessment to food chemicals based on extreme value theory. Application to heavy metals from fish and sea products. **Food and Chemical Toxicology**, v.42, p. 1349-1358, 2004.

CAPÍTULO 2

SISTEMA ANFIGRANJA PARA PRODUÇÃO DE RÃS

Data de aceite: 01/06/2022

Eduardo Pahor-Filho

Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP
Jaboticabal - São Paulo

RESUMO: A ranicultura apresenta-se atualmente como atividade aquícola em crescimento, além de uma excelente oportunidade de renda ao produtor rural. A atividade foca principalmente na criação da rã-touro (*Lithobates catesbeianus*), uma espécie exótica, carnívora e com índices de produção expressivos. No Brasil, os ranicultores utilizam três sistemas de produção: Anfigranja, inundado e tanque-rede. Atualmente, o sistema Anfigranja ainda é o mais usado nos ranários por apresentar os melhores índices de ganho de peso, sobrevivência e conversão alimentar. Neste capítulo, o sistema Anfigranja é apresentado, bem como suas principais características e entraves na produção de rãs.

PALAVRAS-CHAVE: Ranicultura, Anfigranja, produtividade, sobrevivência.

ABSTRACT: Frog farming is currently a growing aquaculture activity and an excellent income opportunity for producers. The activity focuses mainly on the creation of the bullfrog (*Lithobates catesbeianus*), an exotic and carnivorous species with expressive production rates. In Brazil, frog farmers use three production systems: Anfigranja, flooded, and cages. Currently, the Anfigranja system is still the most used in frog farms because it has the best rates of weight gain, survival, and

feed conversion. In this chapter, the Anfigranja system is presented and its main characteristics and obstacles in the production of frogs.

KEYWORDS: Frog culture, Anfigranja, productivity, survival.

SISTEMA ANFIGRANJA

O sistema de produção Anfigranja, desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa (Lima e Agostinho 1988, 1992) apresenta várias vantagens, como alta taxa de sobrevivência, melhor aproveitamento da ração, ganho de peso e conversão alimentar e, conseqüentemente, maior produtividade (Lima et al., 1999; Pahor-Filho et al., 2015, 2019; Moreira et al., 2013). As instalações são diferenciadas, onde é empregado um manejo estritamente racional e profilático, as quais são distribuídas em três locais distintos: setor de reprodução, setor de girinos e setor de recria ou engorda.

RÃ-TOURO

A espécie mais usada em ranários brasileiros é a rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). É uma espécie carnívora e originária dos Estados Unidos que se adaptou muito bem ao clima brasileiro. Apesar de apresentar bom desempenho produtivo no sistema Anfigranja, é necessário cuidado para que não haja escape de rãs no ambiente, evitando-se problemas

como acasalamentos indesejados, competição por alimento e disseminação de doenças para espécies nativas (Lima e Agostinho 1988, 1992).

SETOR DE REPRODUÇÃO

O ciclo de criação de rãs em cativeiro tem início no setor de reprodução. Neste local, os reprodutores são mantidos fora do período reprodutivo em baias de manutenção, separados ou não pelo sexo (machos e fêmeas), com estrutura semelhante às baias de recria, mas de tamanho menor, contendo abrigos mais altos (8 cm de altura), piscina (25 - 30 cm de profundidade) e cochos alimentares (vibratórios ou lineares), distribuídos em volta da piscina.

Para o melhor desenvolvimento das gônadas dos reprodutores, o fotoperíodo deve ser mantido com 12,6/11,4h (L/E), a temperatura do ar entre 26 a 29°C e da água 28°C (Figueiredo et al., 2001). No manejo diário, a água da piscina é renovada, evitando acúmulo de fezes, urina, alimento e exúvia e as sobras de alimento são retiradas. Para a alimentação dos reprodutores é oferecida ração (3-5 % do peso vivo/dia) para peixes carnívoros com alto nível proteico (40 a 45 %), consorciada ou não com larvas de moscas domésticas, três vezes ao dia (8 h, 11 h e 17 h), nos cochos alimentares (Lima e Agostinho, 1992).

Na época reprodutiva, machos e fêmeas são selecionados de acordo com características morfológicas favoráveis e, transferidos para as baias de acasalamento, que podem ser individuais (2,5 m²) ou coletivas (10 m²) (Figura 1A). Para a reprodução natural, os casais são formados, aleatoriamente, e a proporção de macho:fêmea usada costuma ser 1:2. Na reprodução induzida utiliza-se hormônios comerciais, LHRHa ou acetato de buserelina (Cribb et al., 2013, Nascimento et al., 2015).

É necessário um esforço maior de pesquisas sobre a nutrição e o melhoramento genético de reprodutores de rãs-touro, com o intuito de maximizar o número de desovas e a taxa de fertilidade. O desenvolvimento de animais selecionados e de dietas balanceadas e financeiramente acessíveis aos produtores pode alavancar os índices de ganho de peso, crescimento e conversão alimentar, além de aumentar a eficiência de desovas, melhorando a produtividade final.

SETOR DE GIRINOS

As desovas são coletadas e transferidas inicialmente para tanques menores, aonde ocorre a incubação das desovas e posteriormente a eclosão e desenvolvimento embrionário das larvas. Esses tanques podem ser de alvenaria, caixas de plástico ou de polietileno, com entrada e saída individuais de água. É importante nessa fase que não ocorra sobreposição dos ovos nos tanques, portanto dependendo do tamanho da desova, utiliza-se mais de um tanque.

Após a reabsorção do saco vitelínico, e o início da alimentação dos girinos,

os mesmos são transferidos para tanques maiores, denominados de crescimento e metamorfose. Esses tanques geralmente são retangulares, de cimento, com profundidade média de 1m, com entrada de água superior e saída inferior, com renovação de água de até 25 % do volume total/dia (Cribb et al., 2013). Suas dimensões variam de acordo com a meta de produção do ranicultor. Apresentam uma rampa em um dos lados, com uma canaleta, aonde os imágos são coletados no clímax da metamorfose (Lima, 2012) (Figura 1B). A densidade utilizada é de 1girino/2L de água (Cribb et al., 2013). Neste sistema, o manejo é facilitado, havendo maior controle da qualidade da água e das despescas. Os animais dependem exclusivamente do alimento ofertado, ração farelada contendo 27,7 % de proteína digestível (Pinto et al., 2015), já que há pouca produção de alimento vivo, representado somente pelo perifiton, formado nas paredes dos tanques.

Outra opção é o uso de viveiros escavados (5000 L), os quais devem ser cuidadosamente monitorados para a manutenção da qualidade da água, que pode ser facilmente deteriorada. Geralmente, a produtividade natural do sistema reduz o custo de alimentação com ração, que é o item mais caro da cadeia produtiva. Neste sistema, densidades de estocagem baixas (1 girino/3L) podem melhorar o desenvolvimento, já que proporcionam maior espaço disponível por animal (Lima and Agostinho, 1992). Os viveiros devem ser construídos em terrenos pouco permeáveis e argilosos, com leve declividade (1-3 %) e com entrada e saída de água suficiente para facilitar as despescas, esvaziamentos e drenagem de água com restos de ração e fezes pelos monges.

Através dos estudos anteriores envolvendo girinos, é notória a necessidade de novos estudos para o desenvolvimento de dietas mais digestíveis, tanques modernos que facilitem o manejo e também, novas alternativas para o tratamento de efluentes. Assim, certamente, além de facilitar o manejo dos animais, será possível elevar a qualidade dos girinos ofertados, tornando o sistema economicamente viável e ecologicamente correto.

SETOR DE RECRIA OU ENGORDA

A partir de imágos, quando apresentam os membros anteriores e posteriores e a cauda totalmente reabsorvida, os animais são transferidos para o setor de recria ou engorda, constituídos por baias de alvenaria que ficam no interior de um galpão de alvenaria, coberto com telhas e aberturas nas laterais, com cortinas de lona escamoteável para controlar a circulação de ar e proteger do excesso de sol, chuva e frio.

Para proporcionar conforto aos animais, as baias são equipadas com três itens principais: cochos alimentares, piscina e abrigos dispostos linearmente. Os cochos alimentares abrigam a ração e devem ser projetados, de maneira a oferecer amplo acesso das rãs ao alimento, sem causar competição. A piscina serve para que as rãs realizem sua hidratação, regulem a temperatura corporal e façam suas necessidades fisiológicas. Ela deve ser construída de maneira a proporcionar conforto aos animais e profundidade

suficiente para que as rãs fiquem com os membros posteriores apoiados no chão e o corpo semi-submerso. O abrigo é um local onde as rãs descansam e se refugiam, tendo uma função primordial na uniformização do plantel nas baias. Podem ser construídos de cimento ou madeira e sua altura deve permitir a entrada e saída dos animais, confortavelmente. Nas baias iniciais, os abrigos apresentam 3 cm de altura, enquanto que nas baias de crescimento e terminação é indicada uma altura de 6 cm. O piso possui declividade de 0,15 %, evitando que ocorra acúmulo de água dentro dos abrigos (Lima e Agostinho, 1992). Atualmente, algumas anfigranjas dispensam o uso dos abrigos, visto que eles podem esconder animais doentes, mortos e até mesmo predadores, uma vez que não são retirados no manejo diário.

As anfigranjas mais antigas apresentam dois tipos de baias: baia inicial, onde os imagos são estocados na densidade de 100/m², permanecendo até atingirem, aproximadamente 40 g de peso vivo (Figura 1C). Após, são transferidos para as baias de crescimento e terminação (50/m²), onde permanecerão até atingirem o peso de abate (Figura 1D). (Lima e Agostinho, 1992).

As baias iniciais são menores, com aproximadamente 4 m², com distribuição linear das estruturas básicas, ou seja, a piscina central, depois os cochos e abrigos. As baias de crescimento e terminação são maiores, aproximadamente 12 m², onde os abrigos estão entre os cochos e a piscina, evitando que a ração molhe com o movimento dos animais.

Com o tempo, a ranicultura evoluiu e algumas instalações mais completas foram disponibilizadas aos produtores. A partir de 1997, foi desenvolvida a baia única ou versátil, ou seja, o imago é colocado nessa baia e permanece até atingir o peso de abate (Lima, 1997). A baia apresenta aproximadamente 4,28 m² de largura, com o comprimento variável, dependendo da produção do ranicultor.

A piscina é central, disposta linearmente por toda baia. Na fase inicial da engorda tem uma área maior, incluindo o degrau de acesso para facilitar a saída dos imagos e para que a água esteja próxima do cocho; na fase de terminação, a piscina se restringe à parte central. O abastecimento de água deve ser individual, com uma torneira comum em uma das extremidades da piscina. A saída da água com os dejetos é feita na extremidade oposta através de um ralo ligado a um cotovelo de drenagem.

O cocho é linear, disposto longitudinalmente, um de cada lado da piscina, de cimento, com o fundo em formato de “V”, onde é oferecido ração consorciada com larvas de mosca doméstica para a alimentação das rãs. Outra opção seria o uso de cochos vibratórios (80 x 34 cm) dispostos linearmente ao lado da piscina. São formados de uma barra de alumínio (2,5 cm) e tela de nylon (5 mm entre nós). Apresenta uma chapa galvanizada (59,4 x 4,5 cm) no centro, com um conversor ligado a um timer, para regular o tempo de vibração, geralmente, de 15 em 15 minutos (Pahor-Filho et al., 2015, 2019). Nesse caso é oferecido somente ração aos animais.

Os abrigos, de madeira ou cimento, são construídos com duas alturas, 3 e 6 cm. Na fase inicial usa-se virado com a altura de 3 cm para baixo e apenas nas laterais da baia.

Quando as rãs estão maiores usa-se altura de 6cm para baixo. Quando as rãs têm mais de 120 g, há necessidade de mais espaço de abrigo, para isso uma fileira adicional de abrigos é colocada entre a piscina e o cocho.

O manejo das rãs no setor de recria ou engorda é semelhante ao setor de reprodução. Diariamente, a baía é limpa com uma vassoura individual, é retirado as sobras de alimento e a água da piscina é renovada, para evitar acúmulo de fezes, urina, alimento e exúvia. Para a alimentação dos animais é oferecida ração comercial para peixes carnívoros com alto nível proteico (40 a 45 %), consorciada ou não com larvas de moscas domésticas, nos cochos alimentares (Lima e Agostinho, 1992). O consumo alimentar varia de 5,2 a 1,2 % do peso vivo dos animais/dia (Lima et al., 2003). Na fase inicial os pellets têm que ser menores (2-3 mm) e na fase de crescimento e terminação maiores (6-8 mm). Devido ao crescimento heterogêneo observado principalmente na fase inicial do crescimento dos animais, é imprescindível a realização de triagens, rotineiramente, para evitar o canibalismo.



Figura 1. Sistema Anfigranja. A) Baías coletivas de engorda construídas em alvenaria com vegetação ao redor das baías. B) Tanques de girinos de alvenaria; note que os imagos já estão procurando o ambiente terrestre fora do tanque. C) Baía versátil; fase inicial; note que a entrada dos abrigos tem 3 cm de altura. D) Baía versátil; fase de crescimento e terminação; note que a entrada dos abrigos tem 6 cm de altura. Todas as fotos por de Stéfani.

REFERÊNCIAS

Cribb, A.Y., Afonso, A.M., Ferreira, C.M. 2013. Manual Técnico de Ranicultura. Embrapa: Editora. 73p.

Figueiredo, M.R.C., Lima, S.L., Agostinho, C.A., Baêta, F.C., 2001. Efeito da temperatura e fotoperíodo sobre o desenvolvimento do aparelho reprodutor da rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). R. Bras. Zoot. 30, 916–923.

Lima, S.L., 2012. Criação De Rãs – Novas Tecnologias. CPT, Viçosa p. 260

Lima, S.L., 1997. Criação De Rãs (sistema Anfigranja). Manual Técnico, CPT, Viçosa, pp. 48.

Lima, S.L., Agostinho, C.A., 1988. A criação de rãs. Globo, Rio de Janeiro. p. 187.

Lima, S.L., Agostinho, C.A. 1992. A tecnologia de criação de rãs. Viçosa: Editora Folha de Viçosa. 168p.

Lima, S.L., Cruz, T.A., Moura, O.M., 1999. Ranicultura: análise de cadeia produtiva. Viçosa: Editora Folha de Viçosa. 172p.

Lima, S.L., Casali, A.P., Agostinho, C.A., 2003. Desempenho zootécnico e percentual de consumo de alimento de rã-touro (*Rana catesbeiana*) na fase de recria (pós-metamorfose) do sistema anfigranja. R. Bras. Zoot. 32, 505–511.

Moreira, C.R., Henriques, M.B., Ferreira, C.M. 2013. Frog farms as proposed in agribusiness aquaculture: economic viability based in feed conversion. Bol. Inst. Pesca, 39: 389-399.

Nascimento, N.F., Silva, R.C., Valentin, F.N., Paes, M.C.F., Stéfani, M.V., Nakaghi, L.S.O. 2015. Efficacy of buserelin acetate combined with a dopamine antagonist for spawning induction in the bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). Aquaculture Research: 46, 3093–3096.

Pahor-Filho, E., Maia, M., Stéfani, M.V. 2015. A vibrating feeder tray improves bullfrog production. Aquaculture 68, 6-9.

Pahor-Filho, E., Mansano, C. F. M., Pereira, M. M., & De Stéfani, M. V. (2019). The most frequently bullfrog productive systems used in Brazilian aquaculture: A review. Aquaculture Engineering. 87 102-123.

Pinto, D.F.H., Mansano, C.F.M., Stéfani, M.V., Pereira, M.M. 2015. Optimal digestible protein level for bullfrog tadpoles. Aquaculture 440: 12–16.

CHANGES IN THE CHEMICAL QUALITY OF PINK PEPPER FRUITS DURING STORAGE

Data de aceite: 01/06/2022

Ygor Nunes Moreira

Federal University of the State of Rio de Janeiro
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/0443476402646565>

Talis da Silva Rodrigues Lima

Federal Rural University of Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/7137602399205510>

Isabela Pereira Diegues

Postgraduate Program in Plant Science,
Federal Rural University of Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/5134505658711984>

Diego de Mello Conde de Brito

Department of Biochemistry, Federal Rural
University of Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/0692112420159444>

Pedro Corrêa Damasceno-Junior

Department of Plant Sciences, Federal Rural
University of Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/3493599001978076>
<https://orcid.org/0000-0001-8879-4850>

Marco Andre Alves de Souza

Department of Biochemistry, Federal Rural
University of Rio de Janeiro
Seropédica – Rio de Janeiro
<http://lattes.cnpq.br/2162032695884224>
<https://orcid.org/0000-0003-2173-3513>

ABSTRACT: In this work, the effect of three storage conditions of pink pepper fruits, during six months: was evaluated at room temperature in shade, fridge and freezer. Each month, samples were taken of the pink pepper fruits in each condition and destined for extraction/analysis of fixed oils and essential oils. Among the results obtained, we verified that the storage condition did not negatively affect the content of fixed oil and fatty acid analyzed in pink pepper fruits. On the other hand, we found a change in the chemical profile from the third month of storage with an increase in oxygenated terpenes (elmol and α -eudesmol), decrease in monoterpene hydrocarbons (α -pinene and β -pinene, sylvestrene and α -phellandrene) and decrease in essential oil content in the sixth month of storage. The results obtained contribute to the perception of the need to carry out the storage of pink pepper fruits for an adequate time.

KEYWORDS: *Schinus terebinthifolius*, essential oil, lipids, storage.

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE QUÍMICA DOS FRUTOS DE PIMENTA ROSA DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO: Neste trabalho, avaliou-se o efeito de três condições de armazenamento de frutos de pimenta rosa, durante seis meses: à temperatura ambiente à sombra, geladeira e freezer. A cada mês, foram colhidas amostras dos frutos da pimenta rosa em cada condição e destinadas à extração/análise de óleos fixos e óleos essenciais. Dentre os resultados obtidos, verificamos que a condição de armazenamento não afetou negativamente o teor de óleo fixo

e ácidos graxos analisados em frutos de pimenta rosa. Por outro lado, encontramos uma mudança no perfil químico a partir do terceiro mês de armazenamento com aumento dos terpenos oxigenados (elmol e α -eudesmol), diminuição dos hidrocarbonetos monoterpenos (α -pineno e β -pineno, silvestreno e α -felandreno) e diminuição do teor de óleo essencial no sexto mês de armazenamento. Os resultados obtidos contribuem para a percepção da necessidade de realizar o armazenamento dos frutos de pimenta rosa por tempo adequado.

KEYWORDS: *Schinus terebinthifolius*, óleo essencial, lipídeos, armazenamento.

1 | INTRODUCTION

Pink pepper is an aromatic plant that occurs in the *Mata Atlântica* (Atlantic forest), has economic and social importance, mainly because the bioactives extracted from the fruits have medicinal, cosmetic and nutritional properties (Alves *et al.*, 2020; Feriani *et al.*, 2021; Giuffrida *et al.*, 2020; Tlili *et al.*, 2018). All pink pepper plant is useful: the bark and leaves have medicinal properties; seedlings are used in the recovery of degraded areas, in urban landscaping, and wood for making posts (Mendonça, Silva-Mann e Rabbani, 2014; Santos *et al.*, 2012).

However, the fruit is the part of the plant that presents the greatest biotechnological potential, among the reasons: because the pink pepper seed is used to the species propagation; due to the presence of essential oils and lipids that confer sensory and nutritional properties and, therefore, appreciated and used as a condiment (Tlili *et al.*, 2018), also by the fact that the essential oil to have bioactive properties and be used for the preparation of drugs and cosmetics (Mendonça, Silva-Mann e Rabbani, 2014).

Given the importance of pink pepper fruits for the aromas and fragrances sector, some studies have been developed to evaluate the effects of some post-harvest variables, such as drying (Fonseca *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2017), storage (Ribeiro *et al.*, 2018; Silveira *et al.*, 2021) and extractive methods (Andrade, Poncelet e Ferreira, 2017; Bittencourt Fagundes *et al.*, 2020) on the production and quality of bioactives obtained from the fruits. However, studies to evaluate the effects of temperature and storage time of pink pepper fruits have been based on the seeds germination capacity (Ribeiro *et al.*, 2018; Silveira *et al.*, 2021), despite the chemical profile being an important parameter with implications for the properties of fruits and their products.

Regardless of the extraction methods involved, the lipids and essential oils levels obtained from pink pepper fruits range from 8–14% and 0.5–5%, respectively (Fonseca *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2017; Tlili *et al.*, 2018). It is known that the compounds that make up these two chemical classes (lipids and terpenes) are very susceptible to oxidation in the presence of moisture, light, heat and O₂ (Turek e Stintzing, 2013) and the exposure time to any of these conditions can amplify the formation of oxygenated artifacts.

For this reason, this study aimed to evaluate the effect of storage on the chemical

quality of pink pepper fruits. In this context, we paid attention to the chemical composition of fatty acids and essential oils extracted from pink pepper fruits, under the effect of three storage conditions (room temperature, cold-room and freezing) and storage time (six months).

2 | MATERIALS AND METHODS

General

Pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits were collected in 2018 from plants with 2.5 years old of the active germplasm collection of Federal Rural University of Rio de Janeiro (UFRRJ), maintained by the department of plant science on BR 465, Km 7, CEP 23897-000, Seropédica, Rio de Janeiro, Brazil. Alkane and fatty acid methyl ester standards and analytical/chromatographic grade reagents were purchased from Sigma-Aldrich (São Paulo, Brazil). The lipids and essential oils extraction and other procedures related to the distillates were carried out at the Laboratory of Plantas Aromáticas e Medicinais (UFRRJ, Seropédica, Brazil). Chromatographic analysis, GC/FID (Hewlett-Packard 5890 II, Palo Alto, USA) and GC/MS (QP-2010 Plus, Shimadzu, Japan) were performed in the Central Analítica Multiusuário of the Pos-graduate Program in Chemistry (UFRRJ, Seropédica, Brazil).

Treatments

A composite sampling of pink pepper fruits collected from the UFRRJ germplasm collection was dried in a forced-air circulation oven (Eletrolab EL 402, São Paulo, Brazil) for 48 hours at 37°C until reaching constant weight (with about 13% humidity), then, fractionated into three sub-samples, and each one was stored at room temperature in shade (29 ± 3 °C) or in the cold chamber or fridge (5 ± 1 °C) or a freezer (-15 ± 3 °C), protected from moisture and direct light. Pink pepper fruits sample from each treatment (storage condition) was removed per month, until the sixth month of storage, for the extraction of fixed oil and essential oil. The control sample consisted of dried pink pepper fruits not stored.

Essential oil extraction and analysis

Pink pepper fruits samples (30 g) were subjected to hydrodistillation by triplicate, using the Clevenger apparatus for two consecutive hours. The essential oil was separated by phase difference, the moisture removed with anhydrous sodium sulfate and then stored in amber glass bottles at -20 °C for chemical analysis.

The analysis of essential oils esters was performed through three injections of samples 1 μ L (1%, v/v). Gas chromatographic (GC) analysis was carried out with a Hewlett-Packard 5890 II apparatus equipped with a flame ionization detector (FID), and a split/splitless injector at a 1:20 split ratio was used to separate and detect volatile oil

constituents. Substances were separated into a VF-5ms fused silica capillary column (30 m × 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 μ m, Agilent J&W). The oven, injector and detector temperatures were programmed as reported by Adams (2007). The carrier gas used was He (1 mL/min). Injected volume was 1 μ L at a 1:20 split ratio. The percentage of volatile oil compounds was calculated from the relative area of each peak analyzed by FID. Volatile oils were also analyzed with a Shimadzu GC/MS QP-2010 Plus instrument. Carrier gas flow, capillary column and temperature conditions for GC/MS analysis were the same as those described for GC/FID and reported by Adams (2007). Mass spectrometer operating conditions were ionization voltage of 70 eV, mass range of 40-400 m/z and 0.5 scan/s. The compounds' retention indexes were calculated based on co-injection of samples with a C8-C20 hydrocarbon mixture. Constituents were identified by comparison of their mass spectra with the National Institute of Standards and Technology library (NIST-2011, Gaithersburg, Maryland, USA) and with those reported by Adams (2007).

Fixed oil extraction, derivatization and analysis

Pink pepper fruits samples (5g) were subjected to distillation by triplicate by Soxhlet apparatus for 3h at 80 °C with petroleum ether, then stored in amber glass vials at -20 °C for the derivatization step. For the methylation process, 1.5 mg of fixed oil was used in duplicate. In test tubes containing the oil samples, 0.4 ml of a sodium hydroxide solution in anhydrous methanol (0.5 N) were added and incubated for 10 min in a water bath at 100 °C. After, 0.5 ml of Boron trifluoride-methanol (BF₃, 10%) was added for a further 2 min. At room temperature, the solutions were partitioned with 2 mL of petroleum ether and anhydrous sodium sulfate, after then, the organic phase (containing fatty acid methyl ester, FAME) was collected and transferred to 1.8 mL amber glass vials, and stored at -20 °C for chemical analysis.

The analysis of FAME was performed through three injections of samples and standards 1 μ L. Standards were properly weighed and dissolved in dichloromethane (0,2 mg/mL). Gas chromatographic (GC/FID) analysis was carried out with a Hewlett-Packard 5890 II apparatus (Palo Alto, USA) equipped with a flame ionization detector, and a split/splitless injector at a 1:20 split ratio was used to separate and detect volatile oil constituents. The percentage of compounds was calculated from the relative area of each peak analyzed by FID. Compounds were separated into a VF-5ms fused silica capillary column (30 m × 0.25 mm i.d., film thickness 0.25 μ m, Agilent J&W). The injector and detector temperatures were 240 and 280 °C, respectively. The oven temperature was 180 °C, for one minute, followed by heating at 5 °C/min to 240°C, 0.5 °C/min to 270 °C and 10 °C/min to 290°C, which remained for 10 min. The same samples were also analyzed with a GC/MS QP-2010 Plus instrument (Shimadzu, Japan). Carrier gas flow, capillary column and temperature conditions for GC/MS analysis were the same as those described for GC/FID. Mass spectrometer operating conditions were ionization voltage of 70 eV, mass range of 40-

400 m/z and 0.5 scan/s. The FAME characterization was performed by comparing their retention times with those obtained by injecting authentic FAME standards under the same chromatographic conditions.

Statistical Analysis

The fixed oil and essential oil content (%) from different treatments were obtained in triplicate ($n=3$). The chromatographic analysis of fixed oil and essential oil was performed in duplicate ($n=2$) and a composite sampling from three samples of essential oil ($n=1$), respectively. Data were expressed as arithmetic means $\pm$ standard deviation (SD) and submitted to analysis of variance (ANOVA), and differences between means were determined using the Tukey test at $P=0.05$. For experimental values were evaluated data normality based on D'Agostino-Pearson and Shapiro-Wilk tests and homoscedasticity test.

For the multivariate analysis, the independent variables consisted of 19 essential oil samples, one control and 18 treatments (three storage conditions $\times$ six months of storage) and the dependent variables consisted of 26 compounds present in the essential oil (the main substances were defined by those that appeared in at least one sample in a concentration greater than 1.9%), data standardization was not performed. Then, the data matrix was submitted to principal component analysis (PCA), to verify the accumulated variance in the first two or three principal components. Cluster analysis was performed using the hierarchical agglomerative method for the union between groups, the method of mean connection between the groups (UPGMA) was used and the cophenetic correlation between the phenetic and generic matrix was verified to verify its consistency.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

Samples of pink pepper fruits under the effects of the treatments were subjected to 3 hours of hydrodistillation with petroleum ether and the content (% m/m) of fixed oil obtained did not show significant differences as a function of the condition (ambient temperature, cold room and freezer) or storage time (up to six months). The fixed oil content obtained from pink pepper fruits exposed to the treatments also did not differ significantly from the control, which was 7.2% (Fig. 1). On the other hand, samples of pink pepper fruits submitted to 2 hours of hydrodistillation, to obtain the essential oil, showed lower contents (% m/m) in the sixth month of storage. It was not possible to confirm a significant result between treatments under different storage conditions. (Fig. 1).

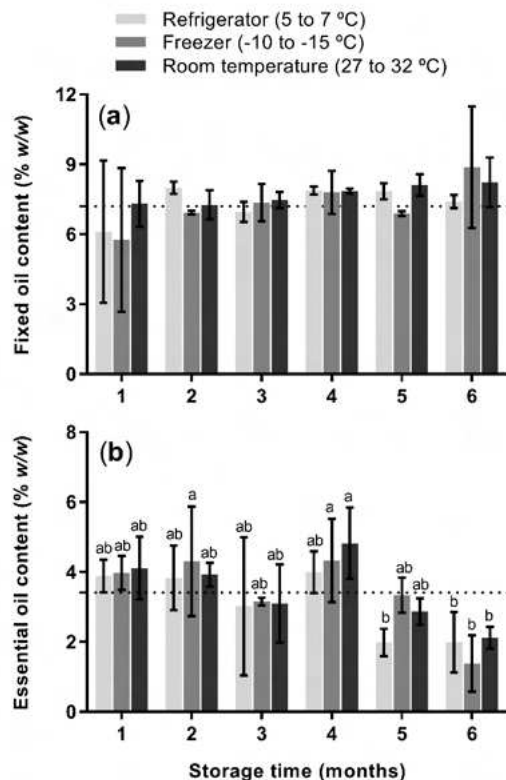


Figure 1 Content (% w/w) of fixed oil (a) and essential oil (b) from dried pink pepper fruits stored under different conditions and time periods. The numbers one to six represent storage times by month. Columns and bars represent the sample mean $\pm$ standard deviation. Light-gray column – cold chamber or refrigerator ($5 \pm 1^\circ$). Gray column – freezer ($-15 \pm 3^\circ$). Dark gray column – room temperature in shade ($29 \pm 3^\circ$). Dotted line indicates means of control sample. Different letters indicate significant results based on the Tukey test ($P < 0.05$).

The oleic (29.2–51.9%), linoleic (19.4–29.9%), palmitic (13.1–24.3%) and arachidonic (4.1–9.2%) fatty acids were the most abundant and together represented on average 89.9% of compounds present in the fixed oil of pink pepper fruits (Fig. 2). It was not possible to observe a significant difference in the contents of linoleic and arachidonic acids as a function of the treatments. As for palmitic and oleic acids, specific significant differences were observed, but it was not possible to point out a trend as a function of treatment and control effects (Fig. 2).

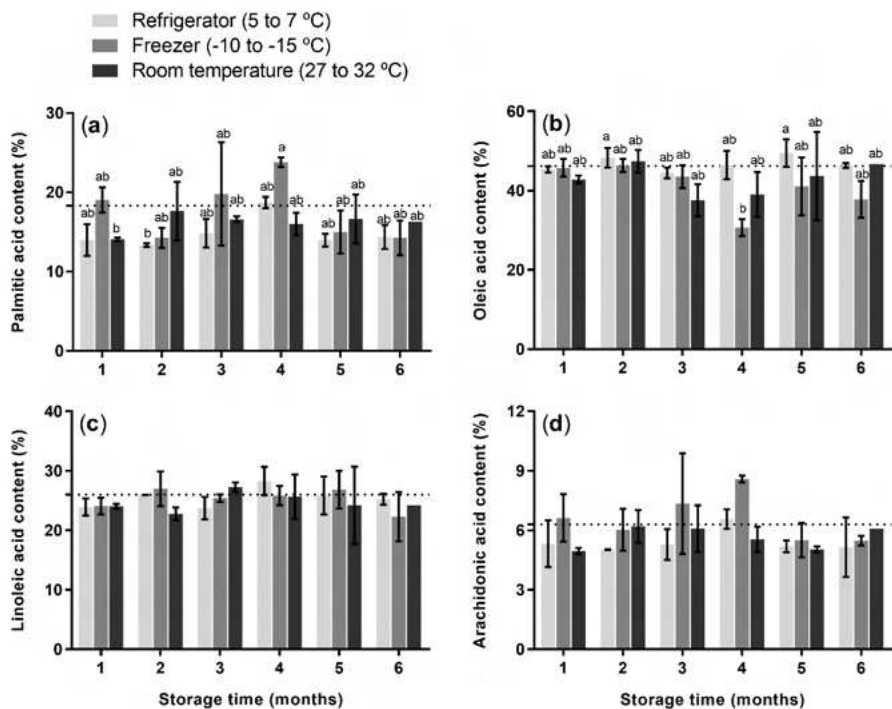


Figure 2 Concentration (%) of palmitic (a), oleic (b), linoleic (c) and arachidonic (d) acids in the fixed oil extracted from dried fruits stored under different conditions and times. The numbers one to six represent storage times by month. Columns and bars represent the sample mean $\pm$ standard deviation. Light-gray column – cold chamber or refrigerator (5 ± 1 °). Gray column – freezer (-15 ± 3 °C). Dark gray column – room temperature in shade (29 ± 3 °C). Dotted line indicates means of control sample. Different letters indicate significant results based on the Tukey test ($P < 0.05$).

The chromatographic analysis (GC-EM and GC-DIC) of the essential oils revealed a rich composition of monoterpene hydrocarbons, except in the sixth month of storage, which showed a higher concentration of oxygenated sesquiterpenes. Overall, the concentration of oxygenated terpenes increased, while that of monoterpene hydrocarbons decreased (Fig. 1). The substances found in the highest concentration in essential oils were β -pinene (2.8–16%), α -pinene (5.6–14.9%), α -phellandrene (1.7–14.6%), elemol (3.7–14.4%), germacrene D (6.5–12.8%), sylvestrene (2.8–11.6%), myrcene (0.3–11.5%) and α -eudesmol (2.7–10.2%), with recurrence in all samples (Table 1).

The data from the chromatographic analysis of the essential oil samples (substances and concentration) were subjected to principal component analysis (PCA) and the two main components (PC1 and PC2) represented 73.1% of all variance (Fig. 3). It was possible to observe the dispersion of the samples, mainly due to the first main component and the factors that contributed the most were: negatively the oxygenated sesquiterpenes elemol and α -eudesmol and positively the hydrocarbons of monoterpenes β -pinene, α -pinene,

sylvestrene and α -phellandrene. The samples were dispersed as a function of storage time, with months 1, 2, 3 and the control (CRT) positioned to the right of PC1, months 4 and 5 to the left of the origin and the sixth month further away and to left of PC1 (Fig. 3).

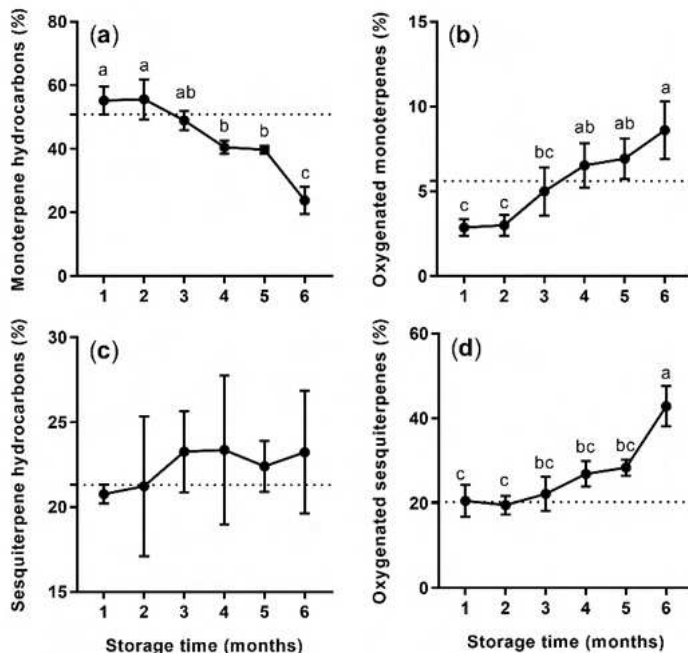


Figure 3 Concentration (%) of monoterpene hydrocarbons (a), oxygenated monoterpenes (b), sesquiterpene hydrocarbons (c) and oxygenated sesquiterpenes (d) in the essential oil extracted from dried fruits stored for different times. The numbers one to six represent storage times by month. Black symbols and bars represent the sample mean $\pm$ standard deviation. Dotted line indicates means of control sample. Different letters indicate significant results based on the Tukey test ($P < 0.05$).

The same essential oil data were subjected to analysis of hierarchical clusters, a dendrogram was made by the method of mean link between group (UPGMA) using dissimilarity measures (Euclidean distance) and the results pointed to the formation of six groups (G1 to G6). Group G1 consisted mainly of samples submitted to the first three months of storage and control (CTR), group G2 by samples from the fourth and fifth month, groups G4 and G5 by samples from the sixth month and, finally, group G3 and G6 by samples 2FG and 3FG respectively (Fig. 4). In general, it was possible to see the grouping of samples based on storage months, similar to PCA (Fig. 3).

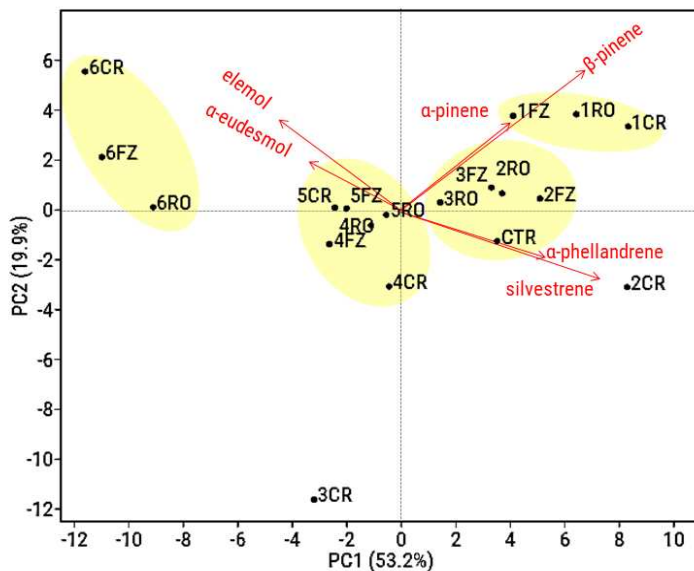


Figure 4 Bi-plot from principal component analysis, based on 26 compounds (dependent variables) in the 19 essential oil samples (independent variables). Red arrows represent the main factors that contribute to variability of samples. Standardization of data was not performed. The numbers one to six represent storage times by month. CTR – control samples. CR – cold chamber or refrigerator (5 ± 1 °C). FZ – freezer (-15 ± 3 °C). RO – room temperature in shade (29 ± 3 °C).

Although the essential oil and fixed oil compounds are made up of carbon, hydrogen and oxygen, they have different molecular structures, physicochemical characteristics, biosynthesis/degradation routes and biological functions. Terpenes are the main compounds present in the pink pepper fruit essential oils (Santos Cavalcanti, dos *et al.*, 2015), and triacylglycerols in fixed oils (Ennigrou *et al.*, 2017; Tlili *et al.*, 2018). The first is made up of isoprene units that have unsaturations and may or not be oxygenated, while the second is formed by fatty acids, esterified to glycerol and that may also be saturated or unsaturated.

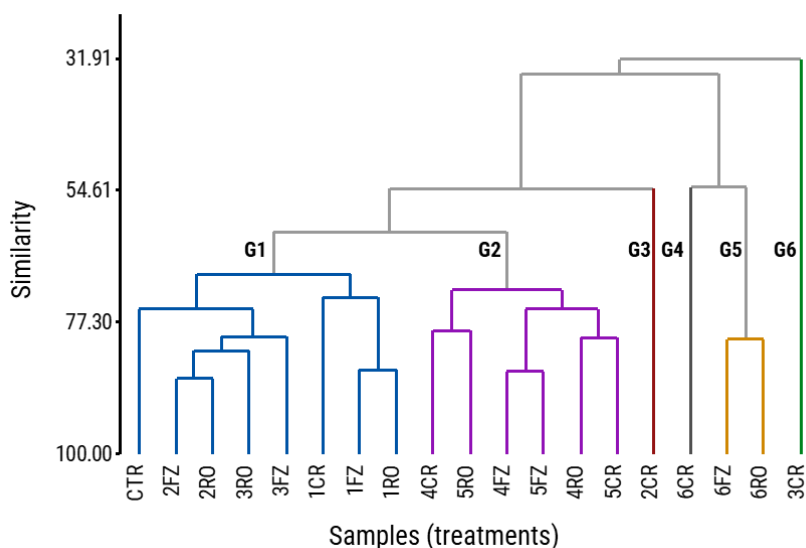


Figure 5 Cluster analysis by Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages (UPGMA) based on the similarity index (Euclidian distance) considering the 26 compounds (dependent variables) in the 19 essential oil samples (independent variables). Cophenetic correlation between the phenetic and generic matrix was calculated to verify its consistency. The G1 to G6 clusters were formed with at least 65% similarity. Cophenetic correlation = 0,8477. The numbers one to six represent storage times by month. CTR – control samples. CR – cold chamber or refrigerator (5 ± 1 °C). FZ – freezer (-15 ± 3 °C). RO – room temperature in shade (29 ± 3 °C).

In this work, there was no variation in the fatty acid content and composition under the effect of the treatments, only punctual variations in the palmitic and oleic acid contents, nothing that would allow any conclusion (Fig. 1 and 2). However, previous work has shown that fruit maturation (Ennigrou *et al.*, 2017), the type of tissue analyzed (Tilii *et al.*, 2018) promote changes in fatty acid composition.

The sum of oleic C18:1(9)_{ω9}, linoleic C18:2(9,12)_{ω6} and arachidonic C20:4(5,8,11,14)_{ω6} unsaturated fatty acids were more abundant than palmitic C18:0 saturated fatty acid, which confers nutritional quality to the pink pepper oil (Fig. 2). In terms of the concentration range of major fatty acids in pink pepper oil, the results presented in this work are similar to showed by other authors (Ennigrou *et al.*, 2017; Oliveira, de, Augusta, *et al.*, 2020). Some works have demonstrated the pink pepper fruits and fixed oil potential as a natural antioxidant in foods (Bittencourt Fagundes *et al.*, 2020; Oliveira, de, Chaves, *et al.*, 2020).

While fixed oils mostly contain compounds with low vapor pressure, essential oils are usually made up of compounds with greater volatility. For this reason, it is to be expected that storage time causes the loss of more volatile compounds, which are abundant in essential oils. However, there was no significant decrease in the essential oil extracted from fruits stored for up to five months, only in the sixth month there was a decrease (Fig. 1). The structures involved with the secretion of volatile compounds are secretory cavities in the

pink pepper fruit pericarp, therefore, protected internally by the tissue (Carmello-Guerreiro e Paoli, 2002; Machado e Carmello-Guerreiro, 2001).

Likely, the decrease in essential oil content only in the sixth month of storage is due to internal processes involved in the transformation of more volatile terpenes into less volatile ones, such as oxygenated terpenes (Turek e Stintzing, 2013). In the distillation process itself, oxygenated sesquiterpenes have a lower extraction rate, as observed in the literature (Oliveira *et al.*, 2020). Terpenes can also be transformed and degraded while still in the tissue (Pott, Vallarino e Osorio, 2020; Whitaker, 2008). These facts added together may be contributing to the lowest amount of essential oil observed in the sixth month of storage.

It was possible to prove an increase in the oxygenated monoterpenes and sesquiterpenes concentration and a decrease in monoterpene hydrocarbons from the first to the sixth month of storage (Fig. 3). This finding has important implications from a sensory and biological point of view, considering fluctuations in the concentration of certain compounds.

The hierarchical cluster analysis showed the samples similarity from the first months and a relative distance from those from the sixth month (Fig. 5), similar to the analysis of principal components (Fig. 4), the latter even allowed to prove that the compounds (factors) that most contributed to the differentiation of the essential oil samples were α -pinene, β -pinene, sylvestrene and α -phellandrene (monoterpene hydrocarbons), which decreased from the first to the sixth month of storage, and on the contrary, elmol and α -eudesmol (oxygenated sesquiterpenes) that increased from the first to the sixth month of storage (Fig. 4).

Volatile compounds are susceptible to chemical transformations during and after the extraction process, as during storage under the temperature effects, humidity, light and the presence of oxygen (Turek e Stintzing, 2013). Nothing prevents the storage condition of pink pepper fruits also creating favorable conditions for chemical transformations inside the fruit, by enzymatic catalysis or not (Pott, Vallarino e Osorio, 2020; Turek e Stintzing, 2013; Whitaker, 2008).

For example, Zhao *et al.* (2019) observed a decrease in the monoterpene hydrocarbons α -pinene and limonene and an increase in oxygenated sesquiterpenes caryophyllene oxides, alloaromadendrene, isolongifolene-9,10-dehydro and isoaromadendrene epoxide, in short storage time at low temperature. Some studies also pointed to changes in the chemical quality of aromatic species as a function of drying conditions (Fonseca *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2017) and maturation time (Ennigrou *et al.*, 2017; Schimitberger *et al.*, 2018).

The change in the essential oil chemical composition as a function of storage time may be following a natural flow. However, it should be noted that due to possible biotechnological applications, it is important to predict these changes, otherwise, the material will lose the biological function that matters to the product of interest.

Nome	% (relative area)																				
	LRI _C	LRI _L	CTR	1CR	1FZ	1RO	2CR	2FZ	2RO	3CR	3FZ	3RO	4CR	4FZ	4RO	5CR	5FZ	5RO	6CR	6FZ	6RO
β-pineno	979	974	10.7	14.8	14.6	16.0	10.0	10.8	11.1	2.8	10.7	9.7	6.5	7.9	7.4	8.5	9.1	9.3	4.7	5.0	5.2
α-Pineno	935	932	8.3	14.9	11.2	12.0	11.6	11.1	10.0	5.6	11.4	9.7	7.1	7.5	8.3	6.9	8.6	7.5	7.7	6.8	7.8
α-felandreno	1008	1002	10.5	10.8	8.3	9.4	14.6	11.7	10.0	7.8	8.6	8.6	9.3	5.1	7.0	6.0	4.0	7.8	3.1	1.7	2.9
silvestreno	1030	1025	8.8	8.2	7.8	8.0	11.6	9.3	8.2	6.0	7.8	7.3	8.2	6.9	6.3	6.3	6.6	7.6	3.0	2.8	3.9
Mirceno	992	988	2.5	2.1	1.7	1.8	2.9	2.1	2.1	11.5	2.0	1.9	2.1	1.7	1.8	1.6	1.7	1.7	0.3	0.4	2.2
sabineno	974	969	2.0	3.2	2.4	1.3	2.0	1.9	2.3	7.0	4.5	2.3	1.5	3.1	3.6	3.2	2.9	1.1	1.1	1.3	2.8
o-cymeno	1025	1022	4.3	2.3	2.1	2.2	6.3	3.1	2.9	3.8	2.6	2.8	5.3	4.4	2.5	2.7	4.1	3.5	1.4	2.3	3.3
terpinoleno	1088	1086	1.3	0.9	0.8	0.9	1.6	1.2	1.1	1.4	1.0	1.0	1.4	0.7	1.1	1.0	0.6	0.9	0.2	0.1	0.2
gamma-terpinene	1057	1054	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.3	0.5	1.3	0.6	0.5	0.2	0.2	0.5	0.8	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0
Canphene	947	946	1.0	1.2	0.9	1.1	0.9	0.9	1.0	0.4	1.1	0.9	0.6	0.7	0.9	0.7	0.9	0.7	0.2	0.4	0.3
alpha-Thujene	926	924	0.7	0.7	0.6	0.6	0.8	0.6	0.7	1.0	0.7	0.6	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.2	0.2
alpha-terpinene	1017	1014	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.4	0.9	0.4	0.3	0.2	0.1	0.3	0.6	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
Tricyclene	922	921	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
2-(1-Metil-2-oxopropil) ciclohexanone	1252	-	0.6	0.0	0.3	0.3	0.7	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.1	3.3	1.2	0.4	2.9	2.1	0.6	3.3	4.1
4-terpineol	1177	1174	0.9	0.8	1.0	0.6	0.2	0.5	1.0	2.8	1.4	0.9	0.5	1.3	1.3	1.9	1.3	0.7	1.2	1.0	3.2
Bornyl acetate	1285	1287	1.0	1.0	1.1	1.2	0.7	1.0	1.1	0.4	1.2	1.1	0.8	1.2	1.5	1.4	1.5	1.0	1.1	1.7	0.9
Citronellyl acetate	1354	1350	0.9	0.3	0.4	0.4	0.8	0.6	0.5	1.2	0.5	0.6	1.1	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.6	0.5	0.9
neois-3-thujanol	1148	1147	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	1.2	0.6	0.0	0.1	0.1
carvacrol	1305	1298	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.9	0.2	0.0	0.4	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
alpha-terpineol	1191	1186	0.8	0.3	0.4	0.6	0.0	0.3	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.7	0.7	0.7	0.0	0.6	0.5
cis-p-Menth-2-en-1-ol	1121	1118	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
beta-copaen-4-alpha-ol	1590	1590	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2
borneol	1167	1165	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
trans-p-Menth-2-en-1-ol	1139	1136	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
elemol	1554	1548	6.2	3.7	6.0	4.1	3.8	5.2	5.2	3.7	5.4	4.8	5.5	5.4	5.0	6.9	5.4	6.2	14.4	9.1	8.2
α-eudesmol	1657	1652	2.7	4.0	4.7	5.1	3.5	4.7	4.4	4.9	3.8	5.6	5.3	5.1	4.6	5.1	4.7	5.0	10.2	7.8	7.5
γ-eudesmol	1635	1630	3.1	2.8	4.4	3.9	2.7	3.3	3.4	3.7	2.4	3.7	3.5	4.0	3.4	3.8	3.4	4.3	6.7	6.4	6.3
β-eudesmol	1655	1649	3.9	2.3	4.1	3.3	2.2	3.2	2.8	3.5	2.5	3.7	3.7	4.0	2.9	4.4	3.3	5.3	6.0	5.4	5.1
criptomeridiol	1817	1813	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	4.9	4.3
hinesol	1640	1640	0.0	0.3	0.0	0.5	0.5	0.3	0.5	0.7	0.4	1.1	0.9	2.1	1.4	0.5	3.0	1.1	0.0	1.5	0.6
bulnesol	1673	1670	1.9	1.1	1.9	1.5	1.2	1.8	1.8	1.7	1.9	2.7	2.7	2.4	1.6	3.0	2.5	3.0	2.7	2.0	1.3
Spathulenol	1580	1577	0.7	0.6	0.4	0.5	1.1	0.6	0.5	0.7	0.6	0.7	2.2	1.5	1.0	1.0	1.2	1.0	2.4	2.4	1.9
agarospirol	1643	1646	0.0	1.2	1.3	1.5	0.7	0.0	1.3	1.6	0.0	2.0	1.8	1.7	1.5	2.0	1.0	1.8	0.7	1.8	0.4
Oxido de cariofileno	1582	1582	0.7	0.3	0.3	0.5	1.0	0.5	0.4	0.5	0.4	0.5	1.9	1.0	0.6	0.7	0.5	0.6	1.4	1.5	1.3
10-epi-gamma-eudesmol	1620	1622	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	0.0	0.7	0.6
salvial-4(14)-em-1-one	1595	1594	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2
1-epi-cubenol	1628	1627	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.4	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.0	0.2	0.0
5-epi-7-epi-alpha-eudesmol	1608	1607	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.0	0.4	0.0
Germacrene D-4-ol	1577	1574	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
germacreno D	1484	1484	6.8	10.4	8.9	8.0	6.5	9.0	9.8	7.5	11.0	8.9	6.7	7.0	11.7	9.4	8.5	6.7	12.8	7.1	7.2
β-Cariofileno	1419	1417	4.1	2.2	2.6	2.6	3.7	3.1	2.9	2.5	2.6	2.9	4.1	3.1	2.7	2.7	2.3	3.2	3.8	2.9	3.1
germacreno B	1556	1559	1.5	1.6	2.0	2.0	2.4	2.7	2.0	1.7	2.4	2.1	2.4	2.2	2.2	1.7	1.8	1.9	3.2	1.9	1.5
Biciclogermacreno	1496	1500	1.9	0.0	2.0	2.0	1.4	2.1	2.3	1.8	2.4	2.2	1.6	1.6	2.7	2.2	1.6	1.8	2.1	1.0	0.8
γ-elemene	1337	1335	0.9	0.5	0.8	0.6	0.4	0.7	0.8	0.6	0.9	0.8	0.5	1.5	0.9	0.9	1.4	0.9	0.5	2.4	2.7
δ-cadinene	1524	1522	1.2	1.4	1.4	1.4	0.0	1.5	1.5	1.9	1.6	1.8	1.4	1.4	2.3	1.8	1.5	1.5	2.1	1.5	1.6
γ-amorphene	1492	1495	0.1	2.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.3
alpha-copaene	1375	1374	0.7	0.6	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8	1.1	0.9	1.0	0.7	0.7	0.9	0.6
gamma-murolene	1476	1478	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.9	1.0
alpha-humulene	1452	1452	0.9	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.5	0.6	0.5
alpha-murolene	1500	1500	0.4	0.4	0.5	0.5	0.2	0.5	0.6	0.6	0.5	0.6	0.4	0.5	0.7	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5
gamma-cadinene	1514	1513	0.4	0.5	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6	0.4	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.6	0.6
germacrene A	1504	1508	0.5	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.0	0.4	0.6
beta-elemene	1391	1389	0.4	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2	0.0
Alloaromadendrene	1459	1458	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	0.0
beta-cubebene	1389	1387	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.0	0.2	0.1

delta-amorphene	1507	1511	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
trans-muuroia-3,5-diene	1448	1451	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
alpha-cadinene	1537	1537	0.1	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
beta-copaeno	1428	1430	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.2	0.0
beta-selinene	1487	1489	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
trans-cadina-1,4-diene	1532	1533	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
alpha-Cubebene	1349	1345	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
gamma-clemene	1433	1434	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
Aromandendrene	1437	1439	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0
ni	1835		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.8	0.9
eugenol	1357	1356	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6-methyl-alpha-ionone	1522	1520	0.3	0.2	0.3	0.2	0.9	0.3	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
cryptone	1185	1183	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.6	0.5	0.2	0.3	0.6	0.3	0.1	0.8	0.7
ni	1222	1195	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	0.1	0.0	0.5	0.2	0.0	0.6	0.7
ni	1295		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.4	0.3
ni	1170		0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
Monoterpene hydrocarbons	MH		50.9	60.1	51.4	54.2	62.7	53.5	50.6	49.5	51.6	45.7	42.8	38.9	39.9	38.9	39.3	41.1	21.8	20.9	28.8
Oxygenated monoterpenes	OM		5.6	2.3	3.2	3.1	2.5	2.8	3.7	6.6	4.5	3.9	6.1	8.0	5.5	6.2	8.3	6.3	3.7	7.4	9.8
Sesquiterpene hydrocarbons	SH		21.3	20.8	21.3	20.2	16.5	23.2	24.0	20.7	25.4	23.7	20.4	21.3	28.4	24.0	22.2	21.0	27.4	21.4	20.9
Oxygenated sesquiterpenes	OS		20.3	16.5	23.7	21.6	17.1	20.2	21.4	22.2	18.2	26.3	28.9	28.4	23.5	29.0	26.3	29.9	46.9	44.2	37.6
Total identified			98.7	99.9	100	99.3	99.7	99.9	99.9	99.3	100	99.7	98.9	97.1	98.5	98.9	96.6	98.7	99.9	94.7	97.8

The chemical profile was analyzed by GC-MS and organized in the table in order of elution in the capillary chromatographic column (5% phenyl, 95% dimethylpolysiloxane). The concentration (%) was calculated based on the total peak area by GC-FID. LRI represents the literature and calculated (relative to n-alkanes C8-C20) linear retention indices. Ni – not identified. The numbers one to six represent stored times by month. CTR – control; CR – cold chamber or refrigerator ($5 \pm 1^\circ$), FZ – freezer ($-15 \pm 3^\circ$); RO – room temperature in shade ($29 \pm 3^\circ$ C).

Table S1. Compositions of essential oil from dried pink pepper fruits stored under different conditions (room temperature, cold chamber/refrigerator and freezer) and time periods (six months).

4 | CONCLUSION

Storage conditions did not provide significant changes in the chemical composition of fixed oils and essential oils. On the other hand, storage time caused changes in the essential oils chemical composition from the third month of storage, with an increase in oxygenated terpenes and a reduction in monoterpene hydrocarbons. There was also a reduction in the essential oil content in the sixth month of storage. Finally, we conclude that pink pepper fruits can be stored for up to 3 months at room temperature ($29 \pm 3^\circ$ C), protected from humidity and direct light without significant change in the quality or quantity of fixed and essential oils.

REFERENCES

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. 4. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 2007.

ALVES, J. O.; FRANCO, M. T. S.; SILVA, P. P.; MALPASS, G. R. P.; OKURA, M. H.; GRANATO, A. C. Development of antimicrobial soaps using essential oil of *Schinus terebinthifolius* and *Piper nigrum*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e69491110328, 29 nov. 2020.

ANDRADE, K. S.; PONCELET, D.; FERREIRA, S. R. S. Sustainable extraction and encapsulation of pink pepper oil. **Journal of Food Engineering**, v. 204, p. 38–45, jul. 2017.

BITTENCOURT FAGUNDES, M. *et al.* Characterization of olive oil flavored with Brazilian pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in different maceration processes. **Food Research International**, v. 137, p. 109593, nov. 2020.

CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; PAOLI, A. A. S. Ontogeny and Structure of the Pericarp of *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 1, p. 73–79, mar. 2002.

ENNIGROU, A.; CASABIANCA, H.; LAARIF, A.; HANCHI, B.; HOSNI, K. Maturation-related changes in phytochemicals and biological activities of the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruits. **South African Journal of Botany**, v. 108, p. 407–415, jan. 2017.

FERIANI, A. *et al.* HPLC–ESI–QTOF–MS/MS profiling and therapeutic effects of *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* fruits: investigation of their antioxidant, antidiabetic, anti-inflammatory and antinociceptive properties. **Inflammopharmacology**, v. 29, n. 2, p. 467–481, 26 abr. 2021.

FONSECA, M. C. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; PINTO, C. L. DE O.; SARTORATTO, A.; MACHADO, T. I.; BITENCOURT, E. P.; PINTO, C. M. F.; SOUZA, M. R. DE M.; DONZELLES, S. M. L. Effect of drying temperature on yield and phytochemical quality of essential oil extracted from *Schinus terebinthifolius*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 71–77, 31 mar. 2021.

GIUFFRIDA, D.; MARTÍNEZ, N.; ARRIETA-GARAY, Y.; FARIÑA, L.; BOIDO, E.; DELLACASSA, E. Valorisation of *Schinus molle* fruit as a source of volatile compounds in foods as flavours and fragrances. **Food Research International**, v. 133, p. 109103, jul. 2020.

MACHADO, S. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Estrutura e desenvolvimento de canais secretores em frutos de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v. 15, n. 2, p. 189–195, ago. 2001.

MENDONÇA, V. M.; SILVA-MANN, R.; RABBANI, A. R. C. TECHNOLOGICAL PROSPECTION OF ESSENTIAL OIL OF AROEIRA (*Schinus terebinthifolius* RADDI.). **Revista Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 1, p. 704–715, 2014.

OLIVEIRA, B. M. S. DE; BLANK, A. F.; NIZIO, D. A. DE C.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BACCI, L.; NASCIMENTO, L. F. DE A.; SÁ FILHO, J. C. F. DE. Morpho-agronomic characterization of Varronia curassavica germplasm conserved “Ex situ”. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 2, fev. 2020.

OLIVEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA JR, L. F. G.; SANTOS, M. C.; NARAIN, N.; LEITE NETA, M. T. S. Tempo de destilação e perfil volátil do óleo essencial de aroeira da praia (*Schinus terebinthifolius*) em Sergipe. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 243–249, jun. 2014.

OLIVEIRA, V. S. DE; AUGUSTA, I. M.; BRAZ, M. V. DA C.; RIGER, C. J.; PRUDÊNCIO, E. R.; SAWAYA, A. C. H. F.; SAMPAIO, G. R.; TORRES, E. A. F. DA S.; SALDANHA, T. Aroeira fruit (*Schinus terebinthifolius* Raddi) as a natural antioxidant: Chemical constituents, bioactive compounds and in vitro and in vivo antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 315, p. 126274, jun. 2020.

OLIVEIRA, V. S. DE; CHÁVES, D. W. H.; GAMALLO, O. D.; SAWAYA, A. C. H. F.; SAMPAIO, G. R.; CASTRO, R. N.; TORRES, E. A. F. DA S.; SALDANHA, T. Effect of aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) fruit against polyunsaturated fatty acids and cholesterol thermo-oxidation in model systems containing sardine oil (*Sardinella brasiliensis*). **Food Research International**, v. 132, p. 109091, 1 jun. 2020.

POTT, D. M.; VALLARINO, J. G.; OSORIO, S. Metabolite Changes during Postharvest Storage: Effects on Fruit Quality Traits. **Metabolites**, v. 10, n. 5, p. 187, 8 maio 2020.

RIBEIRO, L. P.; LEITE FILHO, A. T.; SILVA, L. B. DE J.; SILVA, V. F.; BORGES, E. E. DE L. E. PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES IN BRAZILIAN PEPPER (*Schinus terebinthifolius* Raddi) SEEDS DURING STORAGE. **Revista Árvore**, v. 42, n. 1, 13 ago. 2018.

SANTOS CAVALCANTI, A. DOS; ALVES, M. S.; SILVA, L. C. P. DA; PATROCÍNIO, D. D. S.; SANCHES, M. N.; CHAVES, D. S. A.; SOUZA, M. A. A. DE. Volatiles composition and extraction kinetics from *Schinus terebinthifolius* and *Schinus molle* leaves and fruit. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 25, n. 4, 2015.

SANTOS, O. J. DOS; BARROS-FILHO, A. K. D.; MALAFAIA, O.; RIBAS-FILHO, J. M.; SANTOS, R. H. P.; SANTOS, R. A. P. *Schinus terebinthifolius* raddi (anacardiaceae) no processo de cicatrização de gastrorráfias em ratos. **ABCD. Arquivos Brasileiros de Cirurgia Digestiva (São Paulo)**, v. 25, n. 3, p. 140–146, 2012.

SCHIMITBERGER, V. M. B.; PRATTI, D. L. DE A.; CAVALCANTI, L. C.; RAMALHO, V. F.; COSTA, A. P. F. DA; SCHERER, R.; KUSTER, R. M.; RAMOS, A. C.; SILVA, A. G. DA. Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Industrial Crops and Products**, v. 119, p. 125–131, set. 2018.

SILVA, B. G.; FILETI, A. M. F.; FOGLIO, M. A.; ROSA, P. DE T. V.; TARANTO, O. P. Effects of Different Drying Conditions on Key Quality Parameters of Pink Peppercorns (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Journal of Food Quality**, v. 2017, p. 1–12, 2017.

SILVEIRA, T. D. O.; BRAZ, M. R.; PALERMO, G. P. DE M.; BREIER, T. B. Physiological quality of pink pepper seeds (*Schinus terebinthifolia* Raddi.) as a function of storage. **Revista de Ciencias Agrícolas**, v. 38, n. 1, p. 144–157, 5 jun. 2021.

TLILI, N.; YAHIA, Y.; FERIANI, A.; LABIDI, A.; GHAZOUANI, L.; NASRI, N.; SAADAOU, E.; KHALDI, A. *Schinus terebinthifolius* vs *Schinus molle*: A comparative study of the effect of species and location on the phytochemical content of fruits. **Industrial Crops and Products**, v. 122, p. 559–565, out. 2018.

TUREK, C.; STINTZING, F. C. Stability of Essential Oils: A Review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 1, p. 40–53, jan. 2013.

WHITAKER, B. D. Postharvest flavor deployment and degradation in fruits and vegetables. *In: Fruit and Vegetable Flavour*. [s.l.] Elsevier, 2008. p. 103–131.

ZHAO, H.; FENG, S.; ZHOU, W.; KAI, G. Transcriptomic analysis of postharvest toon buds and key enzymes involved in terpenoid biosynthesis during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 257, p. 108747, nov. 2019.

DESEMPENHO AGRONÔMICO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES EM RESPOSTA À SEMEADURA CRUZADA E CONVENCIONAL NA CULTURA DA SOJA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Glaucia Cristina Ferri

Universidade Estadual de Maringá
Maringá- Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7767498241135709>

Alessandro Lucca Braccini

Universidade Estadual de Maringá
Maringá- Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5125058490936708>

Renata Cristiane Pereira

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7767498241135709>

Silas Maciel de Oliveira

Universidade Estadual de Maringá
Maringá- Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6717881739347322>

Alvadi Antônio Balbinot Junior

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(EMBRAPA-SOJA)
Londrina- Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4470479120061971>

RESUMO: Com a demanda crescente por grãos de soja e seus derivados, sem que se abram novas fronteiras agrícolas, faz-se necessário estudar novos arranjos espaciais de semeadura capazes de otimizar o uso da área, ao mesmo tempo em que maximiza a produtividade da cultura. Com isso, o objetivo do trabalho foi

avaliar o desempenho de duas cultivares de soja de hábito de crescimento indeterminado em diferentes sistemas de semeadura e densidade de plantas. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Iguatemi – FEI, pertencente a Universidade Estadual de Maringá, em duas safras. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados em parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os tipos de semeadura (convencional e cruzada), os quais foram subdivididos em duas subparcelas, uma comportando duas cultivares de soja (BMX Potência RR e BMX Vanguarda IPRO), ao passo que na sub-subparcela as densidades de semeadura (200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹ na primeira safra e 200 e 300 mil plantas ha⁻¹ na segunda). As características agrônômicas avaliadas foram: altura média de plantas, número de vagens por planta, número de sementes por planta, massa de mil sementes e produtividade. A altura de plantas, o número de vagens por planta e o número de sementes por planta foram influenciados pelo tipo de semeadura e pela densidade populacional. As densidades de 200 e 300 mil plantas ha⁻¹ foram as mais indicadas para a cultura da soja, independentemente da cultivar e do tipo de semeadura empregados. A semeadura convencional proporcionou maior produtividade de sementes, comparativamente ao sistema de semeadura cruzada e, por isso, não se encontraram evidências para indicar alterações no arranjo de plantas.

PALAVRAS-CHAVE: *Glycine max* (L.) Merrill, arranjo espacial de plantas, densidade de plantas.

AGRONOMIC PERFORMANCE AND SEED YIELD IN CROSS AND CONVENTIONAL SOWING SYSTEMS IN SOYBEAN CROP

ABSTRACT: With the increasing demand for soybean grains and their derivatives without opening new agricultural land, it is essential to study new spatial sowing arrangements able of optimizing the use of the land while it maximizes the crop's yield. The objective of this work was to evaluate the agronomic and yield performances of two soybean cultivars of indeterminate growth habit using different sowing systems and plant densities. The experiment was conducted at the Experimental Station of the State University of Maringá during the growing seasons. The experimental design employed was the split split plot layout, with four replications. The treatment consisted of the combination of two sowing systems (crossed and uncrossed rows), two soybean cultivars (BMX Potência RR and BMX Vanguarda IPRO) and plant densities (200, 300, 400 and 500 thousand plants ha^{-1} in first season and 200 and 300 thousand plants ha^{-1} in the second one). The agronomic parameters assessed were: plant height, number of pods per plant, number of seeds per plant, thousand grain weight and grain yield. The variables plant height, number of pods per plant as well the numbers of seeds per plant were influenced by the sowing system and the population density. Regardless of cultivar or sowing system, the plant population of 200 and 300 thousand plants ha^{-1} were both the most suitable arrangement for soybean production. The conventional sowing provided higher grain yield of soybean compared to the crossed system, which means that no evidence to support changes in the plant arrangement was found.

KEYWORDS: *Glycine max* (L.) Merrill, spatial arrangement, plant density.

INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das culturas mais importantes para o Brasil e para o mundo, ganhando destaque devido aos elevados teores de óleo e proteína, o que a torna um componente importante, tanto para alimentação humana, quanto animal.

Desde sua introdução no Brasil, o cultivo da soja transitou por algumas mudanças como, por exemplo, a adoção do sistema de plantio direto e o surgimento de cultivares transgênicas com maior potencial produtivo (BALBINOT JUNIOR et al., 2016). Todavia, as cultivares atualmente apresentam hábito de crescimento e porte diferentes daquelas utilizadas até meados de 1990 (TREZZI et al., 2013), levantando vários questionamentos quanto ao manejo ideal da cultura, especialmente no que diz respeito ao arranjo espacial de plantas (SOUZA et al. 2010; BALBINOT JUNIOR et al., 2016).

Soma-se a isto, a constante busca por aumento da produtividade de grãos, sem a necessidade de abertura de novas áreas, tornando, portanto, indispensável a pesquisa de novos sistemas de produção; um exemplo disso é a semeadura cruzada na soja. Esse sistema consiste em passar duas vezes com a semeadora na mesma área, de forma perpendicular, formando um quadriculado de linhas de semeadura (BALBINOT JUNIOR et al., 2016).

Além do arranjo espacial, a densidade de semeadura também pode influenciar

no desenvolvimento da cultura, pois plantas cultivadas em menores densidades são, em geral, mais baixas, acamam menos e apresentam maior porcentagem de sobrevivência (TOURINO; REZENDE; SALVADOR, 2002).

Nos últimos anos, a utilização de cultivares de soja com hábito de crescimento indeterminado e com arquitetura compacta tem aumentado consideravelmente, demandando, portanto, novos estudos sobre arranjos alternativos, como a semeadura cruzada, a fileira dupla e o espaçamento reduzido (EMBRAPA, 2017). Segundo Werner (2016), cultivares de soja com hábito de crescimento indeterminado e arquitetura compacta de plantas teriam desempenho superior nos novos sistemas de produção, a exemplo da semeadura cruzada, pois permitem, entre outros fatores, aumentar a densidade de plantas.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico e a produtividade de duas cultivares de soja de crescimento indeterminado, pertencentes a grupos de maturação distintos nos sistemas de semeadura convencional e cruzado, em diferentes densidades de plantas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em dois anos agrícolas (2015/2016 e 2016/2017) e conduzidos na Fazenda Experimental de Iguatemi – FEI, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá. A localização geográfica está definida nas coordenadas 23° 25’ de latitude sul, 51° 57’ de longitude oeste e altitude média de 520 metros.

As avaliações de produtividade e da massa de mil sementes foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Sementes do Núcleo de Pesquisa Aplicada à Agricultura (NUPAGRI).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013) e suas características químicas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Prof.	P ¹	pH ²		H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	K ¹	Ca ³	Mg ³	SB	T	V	C ⁴
(cm)	mg dm ⁻³	CaCl ₂	H ₂ O	-----		cmol _c dm ⁻³ -----					%	g dm ⁻³
0 – 20	5,50	5,93	6,67	4,17	0,0	0,39	4,06	1,48	5,93	10,1	58,7	9,35

¹ - Extrator Mehlich 1; ² - CaCl₂ 0,01mol L⁻¹; ³ - KCl 1 mol L⁻¹; ⁴ - Método Walkley-Black.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo na camada de 0-20 cm para o solo Argissolo Vermelho distrófico, antes da implantação da cultura.

Profundidade (cm)	Fe ¹	Zn ¹	Cu ¹	Mn ¹	B ²	S ³
	----- mg dm ⁻³ -----					
0 – 20	130,50	4,03	17,58	154,70	0,43	8,26

¹ - Extrator Mehlich1; ² - Cloreto de Bário a quente; ³ - Acetato de amônio-ácido acético.

Tabela 2. Teores de micronutrientes e enxofre encontrados na análise de solo na camada de 0-20 cm para o solo Argissolo Vermelho distrófico, antes da implantação da cultura.

Com base na classificação de Köppen (CAVIGLIONE et al., 2000), o clima do distrito de Iguatemi é classificado como Cfa - Clima Subtropical Úmido Mesotérmico. A média de temperatura dos meses mais quentes é igual a 28°C e a média de temperatura dos meses mais frios é de 15°C.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com tratamentos arranjados em esquema de parcelas sub-subdivididas. As parcelas corresponderam ao tipo de semeadura (convencional e cruzada), as subparcelas as cultivares de soja (BMX Potência RR e BMX Vanguarda IPRO) e as sub-subparcelas corresponderam as diferentes densidades de semeadura (200.000, 300.000, 400.000 e 500.000 plantas ha⁻¹). Cada tratamento foi constituído de quatro repetições.

Todavia, na safra 2016/2017, foram testadas somente as densidades de 200.000 e 300.000 plantas ha⁻¹, únicas a terem apresentado resultados superiores no experimento da primeira safra, corroborando, desta forma, com Garcia et al. (2007) e Câmara (2015).

Para a análise de variância conjunta, verificou-se a semelhança dos quadrados médios pelo teste de Hartley (BANZATTO; KRONKA, 2008), quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual não foi superior a sete (BANZATTO; KRONKA, 2008).

A semeadura foi realizada em sistema de plantio direto, com aveia preta como cultura antecessora, a qual foi roçada. Em seguida, a vegetação remanescente e emergente na área foi quimicamente dessecada com o herbicida Roundup® (Glyphosate), na dosagem de 3 L ha⁻¹.

Foram utilizadas duas variedades de soja, a BMX Potência RR e a BMX Vanguarda IPRO. Logo após o tratamento e inoculação das sementes, foi realizada a semeadura, em espaçamento de 0,45 m entre linhas e profundidade de, aproximadamente, três centímetros.

A semeadura foi realizada de duas formas: uma de forma tradicional (0,45 m entre fileiras) (Figura 1A) e outra de forma cruzada (0,45 x 0,45 m) (Figura 1B), a qual foi obtida através de uma dupla passada da semeadora em direções perpendiculares sobre uma mesma área, mantendo o espaçamento de 0,45 m.



Figura 1. Vista parcial do experimento: semeadura convencional (A) e semeadura cruzada (B) (UEM – Maringá, PR).

Tendo por base na análise química do solo, (Tabelas 1 e 2), a adubação foi realizada no momento da semeadura, aplicando-se 350 kg ha^{-1} do formulado 00-20-20 ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$). As sub-subparcelas foram constituídas por cinco linhas de cinco metros de comprimento. Na colheita, todavia, foram eliminadas as duas linhas externas cada unidade experimental (bordadura), bem como 0,5 m de cada extremidade das linhas centrais, perfazendo uma área útil de $5,4 \text{ m}^2$.

Em campo, realizaram-se as seguintes avaliações:

Altura de plantas (ALT): medindo-se a distância entre a superfície do solo até a extremidade apical da haste principal de 10 plantas aleatoriamente coletada dentro da área útil de cada parcela experimental. Utilizou-se uma régua milimetrada para a medição e os resultados médios foram expressos em metros.

Número de vagens por planta (NVPL): contagem do número de vagens por planta, foram avaliadas dez plantas escolhidas ao acaso na área útil da parcela, no estágio R7. Os resultados foram expressos em valores médios do NVPL.

Número de sementes por planta (NSPL): relação entre a contagem do número total de sementes como número total de vagens obtido no item anterior. Em cada parcela, no estágio R7, foram avaliadas dez plantas aleatoriamente escolhidas dentro da área útil de cada parcela.

Massa de mil sementes (MMS): determinada pela pesagem de 8 subamostras de 100 sementes para cada parcela, com auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Em seguida, obedecendo ao critério do coeficiente de variação inferior a quatro, os resultados foram multiplicados por 10 de acordo com BRASIL (2009).

Produtividade de sementes (PROD): o teor de água das sementes após a colheita foi

determinado por meio de um medidor de capacitância digital (DICKEY-John®), previamente ajustado e calibrado para a cultura da soja. A produtividade de sementes foi obtida por meio da pesagem da massa de sementes obtidas na área útil de cada parcela experimental. O peso das sementes foi corrigido para 13% de umidade (BRASIL, 2009), calculando-se, posteriormente, o rendimento de sementes em kg ha⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelaram efeitos significativos dos fatores isolados semeadura e densidade, bem como para as interações entre semeadura x densidade e cultivar x densidade, a 5% de probabilidade, para todas as variáveis respostas analisadas no ano agrícola 2015/16, com exceção da massa de mil sementes (MMS), para a qual a única interação significativa observada foi para o fator cultivar. Observou-se efeito significativo da interação semeadura x cultivar apenas na produtividade de sementes (PROD), ao passo que a interação tripla (semeadura x cultivar x densidade) foi significativa para altura de plantas (ALT), número de vagens por planta (NVPL) e produtividade (PROD).

Para o ano agrícola 2016/17, os resultados demonstraram efeito significativo dos fatores isolados tipo de semeadura, cultivar e densidade, a 5% de probabilidade, para praticamente todas as variáveis analisadas, exceto no efeito semeadura para NSPL e densidade para NSPL e MMS. Os efeitos das interações entre semeadura x cultivar, semeadura x densidade e cultivar x densidade foram igualmente significativos para a maioria das variáveis respostas analisadas, exceto NVPL para a interação cultivar x densidade e NSPL para as interações semeadura x densidade e cultivar x densidade, além de todas as interações para MMS e da interação dupla para PROD. Finalmente, quanto a interação tripla (semeadura x cultivar x densidade) apenas a variável ALT indicou efeito significativo ($p < 0,05$).

Para a análise de variância conjunta, verificou-se a semelhança dos quadrados médios pelo teste de Hartley (BANZATTO; KRONKA, 2008), quando a razão entre o maior e o menor quadrado médio residual não foi superior a sete (BANZATTO; KRONKA, 2008). Foi possível realizar a análise conjunta dos dados dos dois anos agrícolas, já que esta relação foi inferior a sete.

Os resultados revelaram efeito significativo, a 5% de probabilidade, dos fatores isolados semeadura, cultivar e densidade para todas as variáveis, com exceção da MMS para semeadura e densidade. As interações semeadura x cultivar e cultivar x densidade foram significativas para todas as variáveis, exceto MMS para a interação semeadura x cultivar e produtividade de sementes (PROD) para a interação cultivar x densidade. Por fim, a interação semeadura x densidade só foi significativa para a variável PROD.

Os resultados médios obtidos para altura de plantas, na interação de segunda ordem cultivar x semeadura e cultivar x densidade, para a análise conjunta dos dados,

estão apresentados na Tabela 3.

Na interação cultivar x semeadura, as maiores plantas foram encontradas na semeadura cruzada, em ambas as cultivares estudadas. Esses resultados corroboram com os encontrados por Menezes (2013) e Lima et al. (2012), que avaliando dois arranjos espaciais observaram alturas de plantas superiores na semeadura cruzada. A cultivar BMX Potência RR apresentou os maiores valores para altura de plantas, quando comparada à cultivar BMX Vanguarda IPRO. Werner (2016) também destaca a obtenção de maiores alturas de plantas utilizando a cultivar BMX Potência RR em seu trabalho.

Ainda, na Tabela 3, são apresentados os resultados da interação cultivar x densidade. A cultivar BMX Potência RR apresentou maiores alturas de plantas, nas duas densidades estudadas (200 e 300 mil plantas ha⁻¹), quando comparada a cultivar BMX Vanguarda IPRO. Isso pode ser atribuído à característica das cultivares, uma vez que cultivar BMX Potência RR apresenta porte alto e a cultivar BMX Vanguarda IPRO porte médio. Balbinot Junior et al. (2014) e Werner (2016), avaliando duas cultivares de soja, em diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais, também constataram maiores alturas de plantas para a cultivar BMX Potência RR.

Nota-se, também, que a maior densidade de semeadura (300 mil plantas ha⁻¹) resultou em maior altura de planta (0,93) para a cultivar BMX Potência RR. Mauad et al. (2010), Lima et al. (2012) e Cruz et al. (2016) também observaram maiores alturas de plantas, à medida que houve aumento na densidade de semeadura. Isso pode ser explicado pela competição intraespecífica das plantas, pois, o aumento da densidade aumenta a competição por recursos ambientais, incluindo a da luz solar, provocando o estiolamento das plantas e mudanças morfológicas relativas a altura e a ramificação das plantas (ARGENTA; SILVA; SANGOI, 2001; MAUAD et al., 2010).

Semeadura	Cultivar	
	BMX Potência RR	BMX Vanguarda IPRO
Convencional	0,83 bA*	0,67 bB
Cruzada	0,94 aA	0,69 aB
Densidade (mil plantas ha ⁻¹)		
200	0,85 bA	0,69 aB
300	0,93 aA	0,67 bB

*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 3. Resultado da análise conjunta dos dados para altura de plantas (m) nas safras 2015/16 e 2016/17 (UEM – Maringá, PR).

Para a variável número de vagens por planta houve apenas interação entre cultivar

x semeadura e cultivar x densidade (Tabela 4).

O NVPL foi influenciado pelo tipo de semeadura nas duas cultivares analisadas, com destaque positivo para a semeadura convencional que permitiu a obtenção de plantas com maior NVPL. A cultivar BMX Vanguarda IPRO, tanto na semeadura convencional, quanto na cruzada, obteve maior desempenho nessa variável resposta, quando comparada a outra variedade (Tabela 4). Lima et al. (2012) observaram que, apesar da semeadura convencional apresentar plantas mais baixas, o NVPL foi maior nesse sistema de semeadura, demonstrando que plantas mais altas não foram suficientes para manter o NVPL e NSPL.

Na interação cultivar x densidade, observou-se uma redução do NVPL na cultivar BMX Potência RR, na maior densidade de semeadura (300 mil plantas ha⁻¹). Tourino, Resende e Salvador (2002) e Cruz et al. (2016) também observaram redução do número de vagens por planta, em resposta ao incremento da densidade. Houve influência da cultivar apenas na densidade de 300 mil plantas ha⁻¹, em que a cultivar BMX Vanguarda IPRO apresentou maior NVPL, quando comparada à cultivar BMX Potência RR.

Semeadura	Cultivar	
	BMX Potência RR	BMX Vanguarda IPRO
Convencional	47,79 aB*	50,35 aA
Cruzada	39,10 bB	46,58 bA
Densidade (mil plantas ha ⁻¹)		
200	47,47 aA	47,99 aA
300	39,41 bB	48,94 aA

*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 4. Resultado da análise conjunta dos dados para número de vagens por planta nas safras 2015/16 e 2016/17 (UEM – Maringá, PR).

Houve interação entre cultivar x semeadura e cultivar x densidade para a variável número de sementes por planta (Tabela 5).

Na interação cultivar x densidade, para a cultivar BMX Potência RR o maior NSPL foi encontrado na menor densidade (200 mil plantas ha⁻¹), ao passo que para a BMX Vanguarda IPRO, o maior NSPL foi observado na maior densidade de semeadura (300mil plantas ha⁻¹).

Semeadura	Cultivar	
	BMX Potência RR	BMX Vanguarda IPRO
Convencional	112,52 aA*	103,24 aB
Cruzada	85,66 bB	96,30 bA
Densidade (mil plantas ha ⁻¹)		
200	110,70 aA	94,64 bB
300	87,48 bB	104,90 aA

*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 5. Resultado da análise conjunta dos dados para número de sementes por planta (n° planta-1) nas safras 2015/16 e 2016/17 (UEM – Maringá, PR).

Para a variável massa de mil sementes houve apenas interação entre cultivar x densidade (Tabela 6).

Não houve influência da densidade de semeadura para nenhuma das cultivares estudadas. A cultivar BMX Vanguarda IPRO apresentou maior MMS, nas duas densidades de semeadura, quando comparada à cultivar BMX Potência RR, corroborando com os resultados de Ferreira (2016), que observou comportamento semelhante também para cultivar BMX Potência RR.

Densidade (mil plantas ha ⁻¹)	Cultivar	
	BMX Potência RR	BMX Vanguarda IPRO
200	170,45 aB*	176,37 aA
300	166,99 aB	180,89 aA

*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 6. Resultado da análise conjunta dos dados para massa de mil sementes (g) nas safras 2015/16 e 2016/17 (UEM – Maringá, PR).

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados das interações semeadura x cultivar e semeadura x densidade para a variável PROD. Independentemente do tipo de semeadura, a cultivar BMX Vanguarda IPRO demonstrou ser mais produtiva que a cultivar BMX Potência RR. A semeadura cruzada, todavia, diminuiu a produtividade de sementes de ambas as cultivares avaliadas, em comparação ao outro sistema de semeadura.

Balbinot Junior et al. (2013), em diferentes safras, avaliando diferentes espaçamentos entre fileiras, densidades de semeadura e cultivares, não observaram ganhos de produtividades de grãos em semeadura cruzada. O mesmo foi observado nos trabalhos de

Bambolim et al. (2014) e Ferreira (2016).

Na interação semeadura x densidade, não houve influência da densidade de semeadura sobre a produtividade na semeadura cruzada. As plantas cultivadas em condição de semeadura convencional apresentaram maior produtividade, em ambas as densidades, comparativamente a semeadura cruzada. É plausível sugerir que isso pode ter ocorrido em razão da melhor distribuição das plantas no sistema convencional, permitindo que o desenvolvimento das plantas ocorresse em condições mais favoráveis.

Cultivar	Semeadura	
	Convencional	Cruzada
BMX Potência RR	3178,86 bA*	2820,44 bB
BMX Vanguarda IPRO	3391,13 aA	3181,84 aB
Densidade (mil plantas ha ⁻¹)		
200	3117,39 bA	2967,68 aB
300	3452,60 aA	3034,60 aB

*Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 7. Resultado da análise conjunta dos dados para produtividade de sementes (kg ha⁻¹) nas safras 2015/16 e 2016/17 (UEM – Maringá, PR).

CONCLUSÕES

As densidades de 200 e 300 mil plantas ha⁻¹ foram as mais promissoras para a obtenção de elevada produtividade na cultura da soja, independentemente da cultivar e do tipo de semeadura empregado.

A característica biométrica altura de planta, bem como os componentes de rendimento número de vagens por planta e número de sementes por planta foram influenciados pelo tipo de semeadura e pela densidade populacional de plantas de soja, com destaque positivo para a maior produtividade de sementes observada no sistema convencional, demonstrando, portanto, que dentro dos limites do presente estudo, não foram encontradas evidências que justifiquem a alteração do arranjo espacial rotineiramente empregado na cultura da soja.

REFERÊNCIAS

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Semeadura cruzada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2013. (Circular Técnica, 98).

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; NEUMAIER, N.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Semeadura cruzada, espaçamento entre fileiras e densidade de semente influenciando o crescimento e a produtividade de duas cultivares de soja. **Revista de Ciências Agrovetrinárias**, Lages, v. 15, n. 2, p. 83-93, 2016.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 237p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395p.

CÂMARA, G. M de S. Preparo do solo e plantio. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.). **Soja - do plantio a colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. p. 66-109.

CAVIGLIONE, J. H.; KILHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. (2000). **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná. Compact Disc (CD).

CRUZ, S. C. S.; SENA-JUNIOR, D. G.; SANTOS, D. M. A.; LUNEZZO, L. O.; MACHADO, C. G. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semente e arranjos espaciais. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Arranjo contribui com o aumento da produtividade da soja de crescimento indeterminado**. [online] Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/19511797/arranjo-contribui-com-aumento-da-produtividade-da-soja-de-crescimento-indeterminado>. Acesso em: 04 de outubro de 2017.

FERREIRA, A. S. **Espaçamento entre fileiras e densidade de semente no desempenho agrônomo de cultivares de soja**. Londrina, 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

GARCIA, A.; PÍPOLO, A. E.; LOPES, I. O. N.; PORTUGAL, F. A. F. **Instalação da lavoura de soja: época, cultivares, espaçamento e população de plantas**. Londrina: Embrapa soja, 2007. (Circular Técnica, 51).

LIMA, S. F.; ALVAREZ, R. C. F.; THEODORO, G. F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K. S. Efeito da semente em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 954-962, 2012.

MAUAD, M.; SILVA, T. L. B.; ALMEIDA NETO, A. I.; ABREU, V. G. Influência da densidade de semente sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MENEZES, P. C. **Semeadura cruzada de soja em sistema de manejo de solo**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, 2013.

SOUZA, C. A.; GAVA, F.; CASA, R. T.; BOLZAN, J. M.; KUHNEM JUNIOR. P. R. Relação entre densidade de plantas e genótipos de soja Roundup Ready™. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 887-896, 2010.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.

TREZZI, M. M.; BALBIBOT JUNIOR, A. A.; BENIN, G.; DEBASTIANI, F.; PATEL, F.; MIOTTO JUNIOR, E. Competitive ability of soybean cultivars with horse weed (*Conyz abonariensis*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 543-550, 2013.

WERNER, F. **Crescimento e produtividade de cultivares de soja em diferentes arranjos espaciais de soja**. Londrina 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.

BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL COMO MITIGADORAS DOS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS

Data de aceite: 01/06/2022

Roberto Cecatto Júnior

Lucas Guilherme Bulegon

<http://lattes.cnpq.br/3540883855097340>

Vandeir Francisco Guimarães

Rodrigo Risello

<http://lattes.cnpq.br/8464611082286772>

Athos Daniel Fidler

<http://lattes.cnpq.br/5022910592232000>

RESUMO: A ocorrência de déficit hídrico é um dos principais fatores que limitam a produtividade vegetal, sendo constante a busca por inovações para minimizar as perdas ocasionadas pela limitação hídrica. Assim, objetivou-se demonstrar os efeitos da deficiência hídrica e os mecanismos envolvidos na mitigação da deficiência hídrica em plantas via a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV's). As BPCV's, podem ser aplicadas via inoculação das sementes, no sulco de semeadura ou via pulverização foliar, podendo atuar de forma a maximizar os mecanismos de defesa vegetal contra a deficiência hídrica e outros tipos de estresse. A mitigação da deficiência hídrica por parte das BPCV's envolve estímulos em diferentes sítios de ação nos vegetais, como a produção de hormônios vegetais, promoção de crescimento radicular, ação no sistema antioxidante vegetal auxiliando na remoção ou evitando a produção de espécies reativas de oxigênio, redução na

concentração de etileno pela ação da enzima ACC deaminase, estímulos na produção e proteção de pigmentos fotossintéticos, sinalização para o fechamento estomático e produção de compostos osmoticamente ativos. Esses mecanismos atuam nas plantas conjuntamente, o que resulta na mitigação dos efeitos da deficiência hídrica. O uso de BPCV's pode mitigar os efeitos do déficit hídrico de forma a minimizar as perdas na produção vegetal.

PALAVRAS-CHAVE: Promoção de crescimento vegetal, hormônios vegetais, mitigação da deficiência hídrica, adaptações vegetais.

PROMOTING BACTERIA OF PLANT GROWTH AS MITIGATING THE EFFECTS OF DROUGHT IN PLANTS

ABSTRACT: The occurrence of drought is one of the main limitations of plant productivity, and the search for innovations to minimize losses caused by constant water limitation. The objective was to demonstrate the effects of drought and the mechanisms involved in the mitigation of water deficiency in plants through the use of plant growth promoting bacteria (PGPB's). PGPB 's can be applied in seed inoculation, in the sowing groove and via foliar spraying, acting in a way to maximize the mechanisms of vegetal defense against drought, which results in the mitigation of negative effects. Mitigation of drought by PGPB's involves stimuli at different sites of action in plants, such as the production of phytohormones; root growth promotion; action in the vegetal antioxidant system assisting in the removal or avoiding the production of reactive oxygen species; reduction in ethylene concentration

by the action of the enzyme ACC deaminase; stimuli in the production and protection of photosynthetic pigments; signaling for stomatal closure and production of active osmolyte compounds. These mechanisms act on plants together which results in mitigation of the effects of water deficiency. The use of PGPB's has the capacity to mitigate the effects of the water deficit in order to minimize the losses in the vegetal production.

KEYWORDS: Plant growth promotion, plant hormones, mitigation of water deficiency, plant adaptations.

1 | INTRODUÇÃO

As plantas estão sujeitas a ocorrência de estresses durante seu desenvolvimento, dentre os quais, destaca-se a deficiência hídrica. O déficit hídrico causa nas plantas uma série de respostas negativas que refletem em menor desenvolvimento vegetal, incrementos na produção de espécies reativas de oxigênio, maior degradação de clorofilas, maior produção de etileno, abortamento de órgãos vegetais e menor produção final de plantas.

Em razão da limitação hídrica, os vegetais desenvolveram estratégias de tolerância que se relacionam a encurtar o ciclo, manter seu potencial fisiológico, ou manter-se hidratado mesmo em condições de seca. Estas estratégias são ligadas a adaptações de respostas mais rápidas, como o fechamento estomático, redução da área foliar ou abortamento de órgãos em condições mais severas.

Visto a importância da deficiência hídrica como limitante da produção vegetal, muitos estudos são empregados buscando formas de minimizar seus danos. Dentre esses destaca-se a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV's), que apresentam mecanismos que levam a mitigar os danos da seca, como a produção de hormônios vegetais, promoção de crescimento radicular, incrementos no sistema antioxidante vegetal reduzindo os efeitos negativos das espécies reativas de oxigênio (ERO's), presença da ACC deaminase que utiliza o substrato precursor do etileno minimizando a produção e concentração de etileno nos tecidos vegetais, proteção e estímulos na produção de moléculas de clorofila e carotenoides, produção e estímulos na produção de compostos osmólitos que sinalizam a incidência de estresse hídrico resultando em fechamento estomático. Assim, as BPCV's são utilizadas em diversas espécies vegetais como mitigadoras da deficiência hídrica.

Desta forma, a presente revisão objetivou demonstrar os efeitos da deficiência hídrica e os mecanismos envolvidos na mitigação da deficiência hídrica em plantas via a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal.

2 | DÉFICIT HÍDRICO EM PLANTAS CULTIVADAS

A água é um composto essencial para a manutenção da vida e a capacidade produtiva das culturas agrícolas. Essa condição está ligada às suas propriedades químicas e físicas que lhe garante particularidades exclusivas, nas quais destaca-se as propriedades térmicas como alto ponto de fusão e ebulição, calor latente de fusão e vaporização e alto

calor específico, que possibilitam a manutenção da água na forma líquida em condições ambientes, salvo algumas exceções (LARCHER, 2003; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Nos vegetais a água exerce funções chave, como a manutenção do turgor da planta favorecendo o alongamento celular, as trocas gasosas e o transporte nos vasos condutores. Em condições estressantes como a deficiência hídrica ocorre a perda do turgor que desencadeia uma desorganização celular e interrupção do fluxo nos vasos condutores pela formação de cavitações (CATUCHI et al., 2012). Nas trocas gasosas, a água tem papel fundamental, no resfriamento vegetal, na troca de gases pelos estômatos e no transporte eletrônico fornece os primeiros elétrons com a fotólise da água (SLAMA et al., 2015).

Em culturas agrícolas a água representa entre 40% a 80% da massa fresca total de acordo com o estágio de desenvolvimento. Todavia, grande parte dessa água é perdida para a atmosfera, através da evapotranspiração, sendo essa perda variável de acordo com a anatomia vegetal e fisiologia vegetal. No comparativo entre plantas C_3 e C_4 em condições de campo, observa-se taxas fotossintéticas próximas, contudo em C_3 a transpiração é elevada com valores de $8,816 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ frente a $4,673 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ da C_4 , o que resulta em uma eficiência no uso da água de $3,71 \text{ mg g}^{-1}$ nas C_3 sendo 50,4% inferior às plantas C_4 (YU; WANG; ZHUANG, 2004).

Visto a importância fundamental da água, a limitação hídrica ocorre em decorrência de um balanço hídrico negativo nos vegetais, ou seja, a água absorvida via sistema radicular é menor que a água perdida via trocas gasosas (CARLESSO, 1995; SANTOS; CARLESSO, 1998; NASCIMENTO et al., 2011). A deficiência hídrica é classificada em quatro estágios: I - ligeira deficiência hídrica; II – deficiência hídrica moderada; III – deficiência hídrica severa e IV - deficiência hídrica letal (SINCLAIR; LUDLOW, 1986; PIMENTEL, 2004).

Visando superar a ocorrência da deficiência hídrica as plantas desenvolveram estratégias que minimizam os efeitos da limitação hídrica sobre sua atividade fisiológica. Para superar essa condição as plantas fazem o uso de alguns mecanismos distintos; *Evitar a seca*: mantendo o seu status hídrico mesmo em ambientes secos; *Tolerar a seca*: as funções essenciais são mantidas em equilíbrio mesmo com a falta de água; e *Escapar a seca*: a planta completa seu ciclo antes de ocorrer o déficit hídrico (KRAMER, 1980). Tais estratégias envolvem modificações/adaptações a níveis fisiológicos, morfológicos e estruturais, e diferenciam de acordo com cada espécie vegetal (SOUZA; MATTÁ; FÁVERO, 2014).

Quando se considera as adaptações morfológicas, essas atuam na redução da área foliar, para diminuir a perda de água por transpiração e amenizar os efeitos do aquecimento vegetal (SANTOS; CARLESSO, 1998). Quando considera-se a planta a soja, as mesmas utilizam o paraheliotropismo que resulta na modificação do ângulo da folha, ficando estas paralelas aos raios solares minimizando o aquecimento e as taxas de transpiração foliar (CASAROLI et al., 2007; GAVA et al., 2015). Por sua vez, as plantas que possuem folhas do tipo lanceoladas como as poaceae, possibilitam a redução da área foliar por meio do

enrolamento das folhas (KUNZ et al., 2007).

Mesmo com as estratégias de defesa e adaptação a deficiência hídrica, a ocorrência dessa resulta em uma série de respostas negativas no sistema fisiológico, bioquímico e na morfologia vegetal, resultando em perdas significativas na produtividade agrícola. Entre as respostas negativas desencadeadas pelo déficit hídrico destaca-se a redução da taxa fotossintética (VIEIRA et al., 2013; BULEGON et al., 2017a), degradação da ultraestrutura celular pelo aumento da produção de radicais livres que ocasionam a peroxidação lipídica (BARBOSA et al., 2014; BAXTER; MITTLER; SUZUKI, 2014; SCHIEBER; CHANDEL, 2014), degradação das moléculas de clorofila devido a fotooxidação e peroxidação lipídica (BULEGON; GUIMARÃES; LAURETH, 2016), aumento na produção e concentração de etileno nos tecidos (MAYAK; TIROSH; GLICK, 2004b), redução do crescimento de estruturas vegetativas e reprodutivas (KUNZ et al., 2007), abortamento de estruturas vegetativas e reprodutivas (CATUCHI et al., 2011; FIOREZE et al., 2011) e por consequência redução da produtividade (GAVA et al., 2015).

Em soja cultivada sob déficit hídrico a manutenção do teor de água nas folhas é essencial para a produtividade (FIOREZE et al., 2011). Chavarria et al. (2015), citam a redução na capacidade fotossintética máxima em plantas de soja sob déficit hídrico, e devido a essa condição são reportadas reduções na produção da cultura (NADERI et al., 2013; FAROOQ et al., 2016). Em plantas forrageiras são demonstrados redução da expansão foliar, aumento da senescência foliar e diminuição da emissão de perfilhos (MATTOS; GOMIDE; HUAMAN, 2005; SILVA et al., 2005b; ZHOU; LAMBRIDES; FUKAI, 2013). Na cultura do milho sob déficit hídrico, a redução da área foliar e consequentemente menor aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa, apresentaram produtividade de 334 kg ha⁻¹, enquanto as plantas irrigadas, que não tiveram limitação da área foliar obtiveram produtividade de 9295 kg ha⁻¹ (KUNZ et al., 2007). No trigo, o déficit hídrico imposto no início do florescimento da cultura ocasionou redução dos componentes da produção da cultura, e consequentemente menor produtividade final (SANTOS et al., 2012), enquanto na cultura do arroz a limitação hídrica resultou em menores taxas de trocas gasosas (LAUTERI et al., 2014).

Assim, a deficiência hídrica se torna um dos fatores mais limitantes da produtividade que incide sobre as culturas agrícolas, principalmente em áreas onde o fornecimento de água depende das precipitações. A pesquisa tem voltado sua atenção para reduzir os efeitos do déficit hídrico sobre as plantas cultivadas, de forma pontual, surgindo como opção uma série de tecnologias, destacando-se o uso de reguladores vegetais (FAHAD et al., 2014; RADEMACHER, 2015), nutrientes via aplicação foliar (FIOREZE et al., 2013; MAGHSOUDI; EMAM; ASHRAF, 2015; NAWAZ et al., 2015) e o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal, que será exemplificada e discutida no decorrer desta revisão.

3 | FORMAS DE UTILIZAÇÃO DAS BPCV'S

A principal forma de utilização das BPCV's atualmente se dá via inoculação das sementes. Essa prática é feita realizada pela aplicação do inoculante diretamente sobre a massa de sementes onde as bactérias se aderem à superfície e ao iniciar o processo de germinação estas colonizam as raízes e se proliferam nessa região, dando início a colonização do sistema radicular. Todavia, essa prática apresenta algumas limitações relatadas na literatura como: para sementes pequenas tem-se uma limitação do número de células por sementes; sementes peletizadas dificultam a chegada das bactérias e favorecem a desidratação das células bacterianas; algumas espécies produzem naturalmente compostos antibióticos, tendo morte das bactérias e por fim nas grandes culturas o tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas reduzem a capacidade de colonização das bactérias (BASHAN; DE-BASHAN, 2010, 2015; CASSÁN; OKON; CREUS, 2015).

Outra forma, conhecida e difundida, principalmente para bactérias nodulantes é a aplicação via solo (BASHAN; DE-BASHAN, 2015), mas também pode ser aplicada as demais BPCV's. Contudo, os mesmos autores não recomendam a técnica para algumas BPCV, como a *A. brasilense*, por exemplo. O princípio desta técnica consiste na capacidade de sobrevivência das bactérias no solo. Assim, após o processo de germinação e emissão das raízes, através de liberação de compostos químicos pelas plantas, as bactérias são atraídas e colonizam as raízes iniciando o processo de reprodução. Estudos envolvendo, a aplicação de *A. brasilense* e *B. japonicum* via semente e via solo na cultura da soja, citam que a soja não foi responsiva a inoculação de *A. brasilense* via solo, todavia, apresentou elevação no número de nódulos, área foliar e massa seca de parte aérea, quando o *A. brasilense* foi inoculado na semente e o *B. japonicum* via solo (BULEGON et al., 2016), corroborando com a os relatos apresentados por autores anteriormente no texto.

Mais recentemente passou a se explorar a aplicação das BPCV's através da pulverização foliar em grandes culturas anuais. Tal técnica ainda tem os princípios de ação pouco explorados e pode variar a eficiência de acordo com a espécie de BPCV's em utilização, sendo relatado a eficiência no uso para as BPCV's que são endofíticas. Essas, BPCV's possuem capacidade de colonizar os tecidos vegetais e se multiplicam disponibilizando fatores de crescimento para o vegetal (OLIVARES et al., 2017).

Os produtos contendo BPCV's utilizados para aplicação foliar na literatura internacional são denominados de “*biofertilizer*”, ou, biofertilizante. Para se enquadrar nessa condição, os biofertilizantes devem conter organismos vivos, que aplicados nas sementes, na superfície foliar ou no solo, colonizam as plantas e promovem o crescimento pelo incremento de fatores produtivos ou na habilidade de fornecer nutrientes para as plantas (VESSEY, 2003).

Alguns trabalhos citados por Sudhakar et al. (2000), a aplicação via foliar de BPCV's

apresenta as seguintes vantagens: proximidade com os sítios de ação; menor competição com outros microrganismos e fatores de crescimento no filopiano das folhas e potencial de reduzir a presença de bactérias e fungos patogênicos.

Nesse sentido, estudos envolvendo a aplicação foliar de BPCV's evidenciam respostas positivas ou negativas sobre a produção das culturas agrícolas. Ausência de efeitos significativos são demonstrados em soja submetidas a doses crescente (0 a 700mL ha⁻¹) de *A. brasilense* (ZUFFO et al., 2016). No trigo a mesma bactéria não se mostrou responsiva a inoculação foliar com doses de 300 a 400 mL ha⁻¹ (PEREIRA et al., 2017), bem como na cultura do milho com aplicação de 250 mL ha⁻¹ (KAPPES; SILVA; FERREIRA, 2017).

Uma série de respostas positivas também são demonstradas, como no arroz irrigado onde o uso da aplicação foliar de *A. brasilense* incrementa o pH e produtividade, sendo a dose de 200 mL ha⁻¹ a de maior resposta (GARCIA et al., 2016). Em frutíferas como a amora (*Morus alba*), o fornecimento de *Azotobacter* spp. no florescimento elevou a produção de folhas e frutos (SUDHAKAR et al., 2000). Para o damasco (*Prunus armeniaca*), e a cereja doce (*Prunus avium* L.) a o uso de *Bacillus* spp. aplicado no florescimento da cultura incrementou o acúmulo de nutrientes no fruto (ESITKEN et al., 2003, 2006).

Para a inoculação das BPCV's uma série de possibilidades e formas de aplicação se apresentam. Todavia, a aplicação via foliar ainda necessita de maiores estudos em relação à sua eficácia, pois essa etapa é fundamental para garantir a eficiência do uso das BPCV's nas mais diversas espécies vegetais, seja visando mitigação de efeitos da deficiência hídrica, incrementos em acúmulo de massa ou maior produtividade.

4 | UTILIZAÇÃO DE BACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO VEGETAL EM CONDIÇÕES DE DÉFICIT HÍDRICO

A forma mais eficiente de minimizar este efeito é através do melhoramento genético, que resulta na seleção de plantas com características desejáveis para a maior tolerância à deficiência hídrica. Como exemplo pode-se citar, na cultura do milho, uma característica desejável que é o “stay-green” associado à produção de grãos, prolificidade e o florescimento feminino (CÂMARA et al., 2007). Todavia, na mesma cultura, foi demonstrado que outros fatores estão envolvidos na tolerância como o desenvolvimento radicular (HEINEMANN et al., 2009).

Acurto prazo são buscadas formas de minimizar os efeitos da ocorrência da deficiência hídrica, se mostrando como opção o uso de reguladores vegetais (RADEMACHER, 2015), e as bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV's). As BPCV's apresentam uma série de mecanismos que auxiliam as plantas em condições de deficiência hídrica, sejam aplicadas via semente (FIGUEIREDO et al., 2008; BANO et al., 2013; KUMAR et al., 2016), ou via foliar (ZAKIKHANI et al., 2012; BULEGON; GUIMARÃES; LAURETH, 2016; BULEGON et al., 2017a).

A mitigação dos efeitos da deficiência hídrica sobre plantas ocorre devido a estímulos e/ou proteção que as mesmas exercem no vegetal. Contudo, destaca-se que os estímulos são variados de acordo com a espécie de bactéria utilizada e a cultura que está sendo estudada. Considerando o exposto, a seguir serão listados os principais mecanismos estimulados pelas BPCV's envolvidos na mitigação dos efeitos causados pela deficiência hídrica.

4.1 Produção de hormônios vegetais

A produção e/ou estímulos à produção de hormônios vegetais foi um dos primeiros efeitos a serem estudados em função do uso das BPCV's, sendo que grande parte dos efeitos dessas bactérias estão direta ou indiretamente ligadas aos hormônios vegetais.

Quando se considera a produção de hormônios vegetais, as BPCV's podem ou não apresentar produção de hormônios vegetais, e quando apresentam podem ser um ou vários compostos. Todavia, destaca-se que o principal hormônio produzido pelas BPCV's é o ácido indol-acético (AIA), uma auxina, sendo esse demonstrado para diversas bactérias. Quando se considera as diversas espécies de BPCV's, as que apresentam maior gama na produção de hormônios são a *Azospirillum brasilense* e a *Bacillus* sp., com destaque para o *Bacillus subtilis* (Tabela 9).

Estudos que envolveram hormônios vegetais, apontam a efetividade para a mitigação dos efeitos da deficiência hídrica em plantas. O aumento na concentração de auxinas nos tecidos (dentro de um nível adequado) incrementa o desenvolvimento radicular de plantas e promove melhor arquitetura radicular, o que culmina em maior capacidade de exploração do solo e absorção de água e nutrientes (LI et al., 2018). Também é relatado na literatura que a redução na produção de espécies reativas de oxigênios (ERO's) ocorre pela aplicação exógena de auxina, na forma AIA, e quando em níveis mais baixos de auxina tem-se um aumento das ERO's e uma menor tolerância à seca, em *Arabidopsis* sp. (KINOSHITA et al., 2012). Portanto, a presença de auxina nos tecidos vegetais auxiliou na manutenção do status hídrico, classificando cultivares de soja com maiores teores de auxina, em grupos tolerantes ao déficit hídrico (VIEIRA et al., 2013).

BPCV	Auxina	Giberelina	Citocinina	Ácido abscísico	Fonte
<i>Azospirillum brasilense</i>	+	+	+	+	Bottini et al. (1989); Radwan et al. (2005); Kuss et al. (2007); Perrig et al. (2007); Cohen et al. (2008); Cassán et al. (2009); Cohen et al. (2009)
<i>Burkholderia sp</i>	+	+	--	--	Halda-Alija (2003); Joo et al. (2009); Kang et al. (2010)
<i>Bacillus sp.</i>	+	+	+	+	Gutiérrez-Mañero et al. (2001); Araújo et al. (2005); Arkhipova et al. (2005); Grover et al. (2014); Reetha et al. (2014)
<i>Pseudomonas sp</i>	+	+	--	--	Akiyoshi et al. (1987); Patten & Glick (2002); Kang et al. (2014); Reetha et al. (2014)
<i>Sinorhizobium meliloti</i>	+	--	--	--	Bianco & Defez (2009); Golubev et al. (2011)

+ representa a produção do hormônio; -- representa que não foram encontrados relatos na literatura da produção do respectivo hormônio para a BPCV.

Tabela 1. Resultados quanto a produção de auxina, giberelina, citocinina e ácido abscísico por parte das bactérias promotoras de crescimento vegetal.

A giberelina, em condições de deficiência hídrica atua incrementando o conteúdo de cloroplastos e de ácidos nucleicos, além de alongamento e divisão celular. A aplicação exógena de giberelina incrementou a atividade antioxidante em plantas de canola as quais apresentaram menores efeitos da limitação hídrica (LI et al., 2010).

Na cultura do arroz a ocorrência de deficiência hídrica levou a incremento na síntese de citocinina de forma coordenada ao sistema de síntese de carbono e nitrogênio, o que acarretou em manutenção da atividade fisiológica, e maior tolerância ao déficit hídrico (REGUERA et al., 2013). Na espécie *Agrostis stolonifera* a aplicação exógena de citocinina de forma quinzenal, associada com fertilizante nitrogenado, incrementou a capacidade de tolerância a deficiência hídrica, devido a aumentar a atividade das enzimas do sistema antioxidante, resultando em menor acúmulo de ERO's (CHANG et al., 2016). De forma similar, a aplicação exógena de citocinina elevou a tolerância do trigo a deficiência hídrica (KUMARI; KUMAR; PRAKASH, 2018).

O ácido abscísico (ABA) está diretamente ligado ao processo de fechamento estomático quando em condições de deficiência hídrica. Portanto, a aplicação exógena de ABA resultou em menor peroxidação lipídica, por estímulos na atividade antioxidante e manutenção de maiores teores de água nas folhas de plantas de Kiwi (WANG et al., 2011). Em *Cotinus coggygria*, além dos efeitos citados anteriormente foi observado menor abertura estomática e maior taxa fotossintética (LI et al., 2011).

Visto serem relatados várias respostas positivas dos hormônios vegetais quando em condições de deficiência hídrica, as BPCV's, quando inoculadas, trazem resultados

semelhantes, pois estas levam ao aumento dos níveis de hormônios nos tecidos vegetais. Assim, os efeitos se mostram benéficos e são descritos na tabela 10, para diferentes espécies de BPCV's e culturas.

BPCV	Espécie	Resultados encontrados	Fonte
<i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Incrementos nos níveis de ácido abscísico	Cohen et al. (2015)
	<i>Zea mays</i>	Incrementos nos níveis de giberelina e ácido abscísico.	Cohen et al. (2009)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Zea mays</i>	Produção de ácido indol-acético (auxina), giberelina e citocinina,	Vardharajula et al. (2011)
	<i>Lactuca sativa</i>	Produção de citocinina, sendo que em condições de deficiência hídrica foi obtido na testemunha menor teor de citocinina.	Arkhipova et al. (2007)
<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Zea mays</i>	Os resultados sugeriram incrementos na concentração de jasmonatos e ácido salicílico em plantas de soja.	Kang et al. (2014)
<i>Sinorhizobium meliloti</i>	<i>Medicago sativa</i>	Incrementos na síntese de citocinina que atuou como sinalizador, incrementando a atividade do sistema de defesa vegetal a deficiência hídrica, sem afetar a fixação biológica da espécie.	Xu et al. (2012)

Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos para bactérias promotoras de crescimento vegetal quanto a produção de hormônios vegetais em condições de déficit hídrico.

Desta forma, de acordo com o demonstrado na tabela 9, associado com os resultados por parte das BPCV's pela produção de hormônios (Tabela 10), fica evidenciado que os hormônios vegetais são fundamentais na manutenção do status hídrico vegetal, sendo as BPCV's uma opção para amenizar os efeitos da deficiência hídrica em plantas.

4.2 Promoção de crescimento radicular

A promoção de crescimento radicular é um efeito relacionado com a produção de hormônios vegetais por parte das BPCV's. Esta atua em condições de deficiência hídrica amenizando os efeitos devido a maior capacidade de exploração do solo pelo sistema radicular, o que resulta em maior possibilidade de absorção de água.

A maior exploração do solo, quando a planta "identifica" a limitação hídrica é uma resposta já conhecida dos vegetais. Em soja cultivada com ausência de limitação hídrica, 97% do sistema radicular se concentra na camada de 0 a 23 cm (BENJAMIN; NIELSEN, 2006). Os mesmos autores relatam que em ervilha e grão de bico, 80% do sistema radicular se concentra de 0 – 23 cm em condição irrigadas. Todavia, em condições de limitação hídrica apenas 66% do sistema radicular se concentra nessa camada do solo. Condição semelhante foi demonstrada em plantas de milho sob déficit moderado, que tiveram um aumento do sistema radicular se desenvolvendo em camadas mais profundas do solo para buscar água (EGHBALL; MARANVILLE, 1993).

Para o *Bacillus* spp. são relatados na cultura do feijoeiro incrementos entre 58% a 71% em massa fresca de raízes, comparado ao tratamento controle (LÓPEZ-BUCIO et al., 2007). O mesmo é demonstrado para as *Pseudomonas* spp. onde observou-se incrementos de 35% no sistema radicular de canola, associado à produção de AIA (PATTEN; GLICK, 2002). Na tabela 11 são demonstrados mais resultados por parte das BPCV's no desenvolvimento radicular e na mitigação da deficiência hídrica.

BPCV	Espécie	Resultados encontrados	Fonte
<i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Zea mays</i>	Incrementos no desenvolvimento do sistema radicular, que resultaram no incremento da massa de planta de milho.	Rodríguez-Salazar et al. (2009)
<i>Bacillus</i> sp.	<i>Sorghum bicolor</i>	Foram observados que plantas inoculadas mantiveram maiores valores de umidade do solo, pela formação de uma película na rizosfera, que auxilia na manutenção da umidade incrementando o acúmulo de massa e o conteúdo de pigmentos foliares.	Grover et al. (2014)
	<i>Retama sphaerocarpa</i>	Maior desenvolvimento radicular, associando a inoculação do <i>Bacillus</i> sp. e micorriza, o que em déficit hídrico manteve a absorção de água e nutrientes e como resultado maior desenvolvimento da planta.	Marulanda et al. (2006)
<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Catharanthus roseus</i>	Desenvolvimento radicular, resultou em incrementos de acúmulo de massa fresca e seca de parte aérea, bem como em altura de plantas.	Jaleel et al. (2007)

Tabela 3. Resumo dos resultados obtidos para bactérias promotoras de crescimento vegetal quanto ao desenvolvimento radicular em condições de déficit hídrico.

Nesse sentido, relatos na literatura evidenciam a capacidade de incrementos no sistema radicular, principalmente em condições de desenvolvimento inicial de culturas com o uso das BPCV's. Na cultura do trigo a inoculação das sementes com *A. brasilense* resultou em maior comprimento do sistema radicular, com valores variando entre 11% a 50%, de acordo com a cultivar em estudo, no desenvolvimento inicial da cultura (RAMPIM et al., 2012). Em plantas de arroz o *A. brasilense* promoveu incrementos em comprimento de raízes variando de 7% a 24%, dependendo da estirpe em questão (GUIMARÃES et al., 2013).

Visto a eficiência de promoção do crescimento radicular em função do uso de BPCV's, e o levantado sobre a exploração radicular do solo quando na presença da deficiência hídrica, o uso das BPCV's apresenta potencial para mitigar os efeitos da deficiência hídrica através desse mecanismo.

4.3 Atividade antioxidante

Quando a planta é submetida à condição de deficiência hídrica, desencadeia-se uma desordem fisiológica (ZHOU; LAMBRIDES; FUKAI, 2013), ocasionando uma sobra de O₂ e

culminando na formação do superóxido, ainda nessa condição ocorre a fotorrespiração e fotooxidação resultando também na formação de ERO's. Essas ERO's podem ser do tipo superóxido ($O_2^{\bullet-}$), radicais hidroperoxila ($HO_2^{\bullet-}$), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais hidroxila ($HO^{\bullet}$) (ESTEVES; SUZUKI, 2008; ASHRAF, 2009).

O sistema antioxidativo vegetal é composto por uma série de enzimas, com destaque para as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e as peroxidases (POD). Embora o sistema de defesa das plantas seja eficiente, é prejudicado em condições de déficit hídrico severo, onde tem-se o rompimento da relação entre a atividade das enzimas antioxidativas e a produção de ERO's, ficando a planta exposta a degradação e morte celular (CAO et al., 2015).

Vários trabalhos indicam a elevação na atividade das enzimas do estresse oxidativo em condições de déficit hídrico (AIMAR et al., 2014; AHMED et al., 2015; HENDGES et al., 2015; KUMAR et al., 2015). Contudo, os resultados mostram que o sistema não necessariamente se eleva como um todo, sendo relatado em alguns momentos maior importância da SOD (LI et al., 2015b), em outros da POD (LIU; CHAN, 2015; NAWAZ et al., 2015) e também maior importância da CAT (CAMPOS et al., 2011; AIMAR et al., 2014).

Quando se considera as BPCV's, essas atuam em duas vias distintas dentro do sistema antioxidativo, aumentando a atividade desse sistema ou reduzindo a atividade desse sistema, conforme demonstrado na Tabela 12.

BPCV	Espécie	Resultados encontrados	Fonte
<i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Urochloa ruziziensis</i>	Incremento na atividade antioxidante vegetal, resultando em menor degradação de clorofilas e carotenoides.	Bulegon et al. (2016)
	<i>Glycine max</i>	Enzimas antioxidantes desempenham um papel importante no alívio dos efeitos prejudiciais do estresse hídrico.	Zakikhani et al. (2012)
<i>Burkholderia sp</i>	<i>Zea mays</i>	Menor produção de ERO's que aliviou o efeito do déficit hídrico, pelo aumento na capacidade antioxidante. Menor abertura estomática, mantendo a taxa fotossintética em condições de seca, levando ao aumento na eficiência no uso da água.	Fan et al. (2015)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Zea mays</i>	Redução da atividade antioxidante das enzimas ascorbato peroxidase, catalase, glutathione peroxidase. Como resultado, as plântulas apresentaram resposta fisiológica que podem aliviar os efeitos negativos do estresse hídrico.	Vardharajula et al. (2011)
<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Zea mays</i>	Em comparação com plantas não inoculadas, as inoculadas apresentaram atividades significativamente menores da ascorbato peroxidase, catalase e glutathione peroxidase sob estresse hídrico, indicando que as inoculadas sofreram menores estresse em comparação com as não inoculadas.	Sandhya et al. (2010)

Tabela 4. Resumo dos resultados obtidos para bactérias promotoras de crescimento vegetal quanto ao sistema antioxidante em condições de déficit hídrico.

Os resultados que indicam o incremento na atividade antioxidante se mostram como uma resposta direta, pois de acordo com os relatos, em deficiência hídrica ocorre incrementos na produção de ERO's. O aumento da atividade antioxidante ameniza os efeitos negativos da peroxidação de proteínas e lipídeos. Para, a redução da atividade antioxidante, essa passa a ser uma resposta com tendência indireta, visto as mesmas atuarem sinalizando a incidência de estresse vegetais (ARKHIPOVA et al., 2005; BULEGON et al., 2017a), possibilitando a ativação das defesas vegetais de forma antecipada reduzindo a formação de ERO's e consequentemente menor necessidade da atividade de enzimas antioxidantes.

Desta forma, o uso de BPCV's que apresentam ação sobre o sistema antioxidante vegetal mostra-se fundamental para a mitigação dos efeitos desencadeados pelo déficit hídrico vegetal, devido a proteção exercida nas moléculas providas pelos danos causados pela produção de espécies reativas de oxigênio.

4.4 Atividade da ACC deaminase

Durante a ocorrência do déficit hídrico tem-se o incremento da síntese de etileno que leva a redução ou até inibição do desenvolvimento vegetal. Em níveis mais severos leva ao abortamento de estruturas vegetais (LARCHER, 2003). A síntese de etileno em vegetais de forma resumida ocorre na rota da metionina, que é transformado em S-adenosilmetionina (SAM), que via a enzima ACC sintase é convertido em ácido 1-aminociclopropano carboxílico (ACC), que sofre a ação da ACC oxidase sendo convertido em etileno (TAIZ & ZEIGER, 2013).

A biossíntese de etileno pela ACC oxidase é reduzida pela alta concentração de CO₂; anaerobiose e temperatura acima de 35 °C. Outra forma de limitar a síntese de etileno é reduzindo a produção da ACC, nos vegetais, assim a enzima ACC oxidase terá limitação do substrato e por consequência menor síntese de etileno. Nesse sentido, as BPCV's tem um papel importante pela produção da enzima ACC deaminase, que sequestra a ACC e a utiliza como substrato para o fornecimento de nitrogênio e energia (GLICK, 2014). Os mesmos autores, ainda citam que o incremento em auxinas, como relatado na seção produção de hormônios vegetais, também reduzem a atividade da ACC oxidase.

Estudos envolvendo deficiência hídrica mostram incrementos na síntese de etileno (ARRAES et al., 2015; VALLURU et al., 2016). Na cultura *Brassica rapa* subsp. *Chinensis* foi explanado que o aumento do etileno nos tecidos vegetais, levou a redução das taxas fotossintéticas, pela menor atividade da RUBISCO (HUANG et al., 2014). Incrementos no etileno também levam à degradação das clorofilas (STREIT et al., 2005).

Todavia, os resultados adversos por parte do etileno são observados apenas em elevadas concentrações no tecido vegetal. Uma série de estudos relata que em concentrações mais baixas o hormônio gasoso atua na sinalização para o fechamento estomático (TANAKA et al., 2005; IQBAL et al., 2011b), na modulação do crescimento radicular (SHARP & LENOBLE, 2001), atuando de forma conjunta com o ABA (VALLURU

et al., 2016).

Quando se considera os resultados por parte das BPCV's várias são as que apresentam essa capacidade, sendo que em condições de deficiência hídrica alguns estudos associam esse mecanismo com a mitigação dos efeitos da deficiência hídrica (Tabela 13). Além das BPCV's já citadas, outras possuem essa capacidade, como a *Azospirillum brasilense* (LI; SALEH-LAKHA; GLICK, 2005).

BPCV	Espécie	Resultados encontrados	Fonte
<i>Bacillus</i> sp.	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Redução da concentração da ACC em 39%, sendo observado que plantas inoculadas demonstraram menores redução da clorofila e menor peroxidação lipídica.	Barnawal et al. (2013)
<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Pisum sativum</i>	Maior crescimento das plantas e eficiência do uso da água sob deficiência hídrica, pela redução do etileno, o qual em níveis elevados demonstrou efeitos inibitórios no crescimento de raízes e brotos.	Arshad et al. (2008); Zahir et al. (2008)
<i>Achromobacter piechaudii</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Redução na concentração de etileno em plantas inoculadas, resultando no incremento de massa seca e fresca de plantas.	Mayak et al. (2004)

Tabela 5. Resumo dos resultados obtidos para bactérias promotoras de crescimento vegetal quanto a ação via ACC deaminase em condições de deficiência hídrica.

Assim, BPCV's que apresentam o mecanismo relacionado à atividade da enzima ACC deaminase são eficientes como mitigadores dos efeitos da deficiência hídrica, reduzindo a síntese e a concentração de etileno nos tecidos em condições de seca, ou ainda, reduzindo a concentração em condições iniciais de seca, fazendo com que o etileno atue como sinalizador, e não como hormônio ligado a senescência vegetal.

4.5 Pigmentos fotossintéticos e fotoprotetores

Quando se tem ocorrência de deficiência hídrica o sistema fisiológico passa a ser limitado, ou seja, a eficiência da utilização da luz nos cloroplastos é reduzida devido à falta de água (CHAVARRIA et al., 2015; BULEGON et al., 2017a). Quando da ocorrência dessa limitação, ocorre uma sobra de energia e os pigmentos clorofilados são degradados pelo excesso de energia luminosa pela fotooxidação (STREIT et al., 2005), a qual também ocorre em condições normais, contudo, em menor intensidade.

Para proteger a clorofila da fotodegradação os pigmentos carotenoides dissipam o excesso de energia luminosa (CASAROLI et al., 2007). Assim, a manutenção dos teores de carotenoides é fundamental para a manutenção dos teores de clorofilas nos tecidos foliares.

Nesse sentido, é relatado na literatura que o uso de *Azospirillum brasilense* incrementa a síntese de clorofila em plantas de trigo (BASHAN et al., 2006). Em condições

de deficiência hídrica severa a mesma BPCV auxiliou na proteção das moléculas de clorofila, associado à manutenção das moléculas de carotenoides (BULEGON; GUIMARÃES; LAURETH, 2016). Esses autores associaram tal resposta à capacidade antioxidativa, visto a elevação do teor de carotenoides auxiliar na manutenção das clorofilas pois sequestram oxigênio singlet (GILL; TUTEJA, 2010). Nesta mesma linha, a incidência de deficiência hídrica em *Cicer arietinum* reduziu os níveis de clorofila, todavia quando inoculadas com *Pseudomonas putida* e *Bacillus amyloliquefaciens* a redução foi minimizada, auxiliando na mitigação dos efeitos da seca (KUMAR et al., 2016).

Ao se considerar a BPCV *Bacillus* sp. plantas de sorgo inoculadas e submetidas a condições de seca tiveram incrementos nos teores de clorofila quando comparadas ao controle não inoculado (GROVER et al., 2014), representando um melhor desempenho fisiológico, ou seja, uma importante variável para caracterização de tratamentos que elevam a tolerância das plantas em deficiência hídrica. Corroborando com essa afirmação, vários autores relatam que a manutenção de elevados teores de clorofila nos tecidos foliares é uma característica para a tolerância a deficiência hídrica (ARUNYANARK et al., 2008; HOMAYOUN; DALIRI; MEHRABI, 2011).

Portanto, o uso de BPCV's atua nos pigmentos de duas formas, estimulando a síntese de clorofilas, ou protegendo as clorofilas da degradação, estando altamente correlacionado à preservação dos teores de carotenoides, o que torna a planta mais tolerante à seca, bem como acelerada sua recuperação após o alívio do estresse.

4.6 Fechamento estomático e compostos osmoticamente ativos

A abertura e fechamento dos estômatos é uma das primeiras linhas de defesa vegetal para a deficiência hídrica. Quando da falta de água no solo, ocorre a variação de turgescência das células da zona meristemática das extremidades das raízes, iniciando-se uma série de respostas, pela síntese de ácido abscísico (ABA) que é translocado para a parte aérea, e juntamente com a descompartimentalização de ABA na parte aérea, induzem o fechamento estomático por atuar na inibição da atividade de ATPases na membrana plasmática das células-guarda. A transpiração estomática representa a principal perda de água pelos vegetais, sendo o fechamento estomático fundamental para evitar a perda de água, tendo relação direta com a manutenção do conteúdo de água nos tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Ao se considerar o item 4.1 desta revisão, sobre hormônios vegetais, onde as BPCV's apresentam potencial em sintetizar ABA (ARAÚJO; HENNING; HUNGRIA, 2005; COHEN; BOTTINI; PICCOLI, 2008; COHEN et al., 2009), essas possuem ação que levam ao fechamento estomático, evitando a perda excessiva de água, mitigando os efeitos da deficiência hídrica.

Em estudos com a cultura do milho existem relatos que plantas inoculadas com *A. lipoferum* apresentaram teores de ABA de 3013 ng g⁻¹ de massa fresca, enquanto as

plantas controle demonstravam 1846 ng g^{-1} (COHEN et al., 2009). Em *Arabidopsis thaliana* os níveis endógenos de ABA em plantas inoculadas com *A. brasilense* foram de $3,55 \text{ ng g}^{-1}$ de massa fresca, frente a $1,52 \text{ ng g}^{-1}$ de massa fresca nas plantas controle (COHEN; BOTTINI; PICCOLI, 2008), sendo essas respostas associadas à mitigação dos efeitos do déficit hídrico.

Outro processo fisiológico que pode resultar no fechamento estomático é a sinalização, ou seja, a sinalização da limitação hídrica no solo, que resulta na produção de compostos pela planta para se aclimatar a tal condição. Essa sinalização é dada em grande parte via compostos osmólitos, que são produzidos em maiores quantidades em condições de deficiência hídrica. Deste modo, em plantas de *Urochloa ruziziensis* inoculadas com *A. brasilense* o fechamento estomático ocorreu de forma antecipada em relação ao controle, acarretando em redução da taxa fotossintética nesse momento. Todavia, com o aumento da intensidade do déficit hídrico as plantas inoculadas mantiveram certa abertura estomática e taxa fotossintética, enquanto plantas do controle tiveram a assimilação de CO_2 nula, tendo iniciado a respiração vegetal e consumo de reservas (BULEGON et al., 2017a). Esses compostos osmólitos podem ser representados por prolina, açúcares, poliaminas, betainas, compostos de amônio e alguns aminoácidos (VURUKONDA et al., 2016).

Todavia, alguns relatos da literatura associam a produção destes compostos osmólitos à mitigação de efeitos negativos da deficiência hídrica. Em plantas de milho, a inoculação de *A. lipoferium* resultou em incrementos nos teores de aminoácidos livres, destacando-se a prolina, açúcares solúveis e proteínas, o que levou à conclusão que a BPCV mostrou resultados promissores e pode ser um inoculante eficiente para auxiliar a cultura a suportar a limitação na disponibilidade de água (BANO et al., 2013). Em *Sorghum bicolor* a maior concentração de açúcares solúveis e prolina nas plantas inoculadas com *Bacillus* sp. resultou em plantas com maior massa seca de sistema radicular e parte aérea e maior teor de clorofila, além de maior teor de umidade do solo nos tratamentos inoculados quando comparado ao tratamento controle (GROVER et al., 2014). Esses autores, citam a produção de exopolissacarídeo e a formação de biofilme pelos microrganismos inoculados que auxiliam na conservação da umidade na rizosfera e na superfície radicular.

Diante do exposto, no decorrer desta seção, fica evidenciado as potencialidades das BPCV's em amenizar os efeitos da deficiência hídrica em plantas através de uma série de mecanismos, via estímulos nas defesas vegetais, destacando-se ainda que esses mecanismos ocorrem de forma simultânea no vegetal, originando os resultados aqui relatados.

5 | NOVOS ESTUDOS E POTENCIALIDADES PARA A UTILIZAÇÃO DAS BPCV'S

Mais recentemente, alguns trabalhos relatam que os fatores de crescimento

produzidos pelas BPCV's no meio de cultura, que ao entrar em contato com as folhas são absorvidos e assimilados passando a atuar no metabolismo vegetal.

Nesse sentido, estudos buscando identificar a produção de hormônios vegetais por parte das BPCV's, demonstram na cultura do milho e do arroz, que a produção de ácido indol-acético (AIA) interfere no desenvolvimento inicial das culturas (RADWAN; MOHAMED; REIS, 2004). Em estudos na cultura do soja e milho, a produção de ácido indolacético (AIA), giberelina (GA₃) e citocinina (CK), melhoram o desenvolvimento inicial das plantas (CASSÁN et al., 2009). Esses autores, citam que para melhor explorar a capacidade de produção hormonal das BPCV's, se faz necessário o conhecimento na capacidade de produção de compostos promotores de crescimento, para melhor identificar as potencialidades de cada espécie.

Visado identificar as potencialidade envolvendo a produção de compostos promotores de crescimento nos meios de cultivo das BPCV's, *Azospirillum brasilense* estirpe Az39 e Cd e *Bradyrhizobium japonicum* E109, evidencia-se que essas possuem comportamento diferenciado na produção de fatores de crescimento vegetal, em meio de cultivo (PERRIG et al., 2007; CASSÁN et al., 2009), para isso, foi compilado na Tabela 14, os níveis de produção de compostos promotores de crescimento de cada uma dessas bactérias.

BPCV	AIA	GA ₃	CK	ABA	Et	Poliaminas totais
	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	µg mL ⁻¹	ng mL ⁻¹ h ⁻¹	nmoles mL ⁻¹
<i>A. brasilense</i> Az39 ¹	2,9	0,30	0,75	7,70	2,32	201,11
<i>A. brasilense</i> Az39 ²	13,16	0,39	0,88	--	--	--
<i>A. brasilense</i> Cd ¹	10,8	0,66	2,37	0,65	3,94	141,55
<i>B. japonicum</i> E109 ²	6,62	0,95	0,65	--	--	--

Tabela 6. Produção de compostos promotores de crescimento vegetal em meio de cultura por parte das principais espécies de bactérias promotoras de crescimento vegetal.

Fonte: ¹Perrig et al. (2007); ²Cassán et al. (2009); Adaptação: Bulegon (2018).

Nota: AIA: ácido indol-acético (auxina); GA₃: ácido giberélico (giberelina); CK: zeatina (citocinina); ABA: ácido abscísico; Et: etileno; Poliaminas totais: somatório entre putrescina, espermidina, espermina e precursor da L-lisina.

Por fim, vale ressaltar que embora as BCPV sejam amplamente estudadas e exploradas, em diversas culturas, os avanços nas pesquisas levam a descobertas que necessitam serem estudadas para melhor entendimento. Essa condição é semelhante à citada para a aplicação foliar de BPCV que foi estudada em frutíferas (SUDHAKAR et al., 2000; ESITKEN et al., 2006) e recentemente passou a ser explorada em culturais anuais com efeitos de promoção de crescimento vegetal e mitigação de estresses abiótico causado pela deficiência hídrica, principalmente pela facilidade de utilização via pulverização em área total. Todavia, vale destacar que os resultados positivos ainda são inconstantes,

principalmente pela falta de estudos ligados ao modo de ação dessas BPCV quando aplicadas via foliar.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se todos os aspectos apresentados e discutidos no decorrer desta revisão, fica evidenciado que as BPCV's agem reduzindo os efeitos negativos da deficiência hídrica em diversas espécies vegetais, através de uma série de mecanismos, que embora nesta revisão foram explorados de forma individualizada para melhor entendimento, agem em de forma conjunta (Tabela 15).

Déficit hídrico sem BPCV	Déficit hídrico com BPCV
Menor teor de água foliar	Promoção de crescimento radicular e/ou sinalização da seca, leva a maior área de absorção de água ou menores perdas de água provida pelo fechamento estomático
Menor desenvolvimento vegetal	Maior desenvolvimento vegetal, associado a uma série de fatores de crescimento, como hormônios vegetais, desenvolvimento radicular, pigmentos foliares e sistema antioxidante
Maior degradação de membranas	Sistema antioxidante atua de forma a evitar a formação de ERO's, assim a peroxidação de proteínas e lipídeos é reduzida.
Maiores níveis de etileno	Ação da ACC deaminase remete menor síntese de etileno.
Menores taxas fotossintéticas	Os fatores de crescimento produzidos pelas BCPV's, favorece maiores taxas fotossintéticas e consequentemente o crescimento vegetal
Maior efeito residual da deficiência hídrica, após reidratação	Devido a atividade fisiológica e a manutenção de pigmentos clorofilados, pela proteção exercida pelos carotenoides e o sistema enzimático, as plantas recuperam mais rapidamente sua atividade

Tabela 7. Resumo dos efeitos observados em plantas sobre condição de deficiência hídrica e com a utilização de bactérias promotoras de crescimento vegetal (BPCV) atuam na mitigação da deficiência hídrica via os mecanismos exemplificados.

Desta forma, as plantas apresentam uma série de respostas positivas, principalmente na manutenção do desenvolvimento vegetal, o que ao final do ciclo das culturas culmina em maiores produtividade, ao se comparar com plantas controle, confirmando a capacidade de mitigação por parte destes microrganismos, que associado aos novos estudos evidenciam novos potenciais de exploração, tendo as BPCV's crescente importância no cenário agrícola nacional e mundial.

REFERÊNCIAS

AHMED, I. M.; NADIRA, U. A.; BIBI, N.; CAO, F.; HE, X.; ZHANG, G.; WU, F. Secondary metabolism and antioxidants are involved in the tolerance to drought and salinity, separately and combined, in Tibetan wild barley. **Environmental and Experimental Botany**, v. 111, p. 1–12, 2015.

AIMAR, D.; CALAFAT, M.; ANDRADE, A. M.; CARASSAY, L.; BOUTEAU, F.; ABDALA, G.; MOLAS, M. L. Drought effects on the early development stages of *Panicum virgatum* L.: Cultivar differences. **Biomass and Bioenergy**, v. 66, n. 7, p. 49–59, 2014.

AKIYOSHI, D. E.; REGIER, D. A.; GORDON, M. P. Cytokinin production by *Agrobacterium* and *Pseudomonas* spp. **Journal of bacteriology**, v. 169, n. 9, p. 4242–4248, 1987.

ARAÚJO, F. F.; HENNING, A. A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 21, n. 9, p. 1639–1645, 2005.

ARKHIPOVA, T. N.; PRINSEN, E.; VESELOV, S. U.; MARTINENKO, E. V.; MELENTIEV, A. I.; KUDOYAROVA, G. R. Cytokinin producing bacteria enhance plant growth in drying soil. **Plant and Soil**, v. 292, n. 1–2, p. 305–315, 2007.

ARKHIPOVA, T. N.; VESELOV, S. U.; MELENTIEV, A. I.; MARTYNENKO, E. V.; KUDOYAROVA, G. R. Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous hormone content of lettuce plants. **Plant and Soil**, v. 272, n. 1, p. 201–209, 2005.

ARRAES, F. B. M.; BENEVENTI, M. A.; LISEI DE SA, M. E.; PAIXAO, J. F. R.; ALBUQUERQUE, E. V. S.; MARIN, S. R. R.; PURGATTO, E.; NEPOMUCENO, A. L.; GROSSI-DE-SA, M. F. Implications of ethylene biosynthesis and signaling in soybean drought stress tolerance. **BMC Plant Biology**, v. 15, n. 1, p. 1–20, 2015.

ARSHAD, M.; SHAHAROONA, B.; MAHMOOD, T. Inoculation with *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase partially eliminates the effects of drought stress on growth, yield, and ripening of pea. **Pedosphere**, v. 18, n. 5, p. 611–620, 2008.

ARUNYANARK, A.; JOGLOY, S.; AKKASAENG, C.; VORASOOT, N.; KESMALA, T.; NAGESWARA RAO, R. C.; WRIGHT, G. C.; PATANOTHAI, A. Chlorophyll stability is an indicator of drought tolerance in peanut. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 194, n. 2, p. 113–125, 2008.

ASHRAF, M. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. **Biotechnology Advances**, v. 27, n. 1, p. 84–93, 2009.

BANO, Q.; ILYAS, N.; BANO, A.; ZAFAR, N.; AKRAM, A.; HASSAN, F. U. L. Effect of Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays* L.) under drought stress. **Pakistan Journal of Botany**, v. 45, n. 1, p. 13–20, 2013.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453–460, 2014.

BARNAWAL, D.; MAJI, D.; BHARTI, N.; CHANOTIYA, C. S.; KALRA, A. ACC deaminase-containing *Bacillus subtilis* reduces stress ethylene-induced damage and improves mycorrhizal colonization and rhizobial nodulation in trigonella foenum-graecum under drought stress. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 32, n. 4, p. 809–822, 2013.

BASHAN, Y.; BUSTILLOS, J. J.; LEYVA, L. A.; HERNANDEZ, J. P.; BACILIO, M. Increase in auxiliary photoprotective photosynthetic pigments in wheat seedlings induced by *Azospirillum brasilense*. **Biology and Fertility of Soils**, v. 42, n. 4, p. 279–285, 2006.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* Promotes Plant Growth - A Critical Assessment. **Advances in Agronomy**, v. 108, n. 1, p. 77–136, 2010.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. Inoculant Preparation and Formulations for *Azospirillum* spp. In: CASSÂN, F. D.; OKON, Y.; CREUS, C. M **Handbook for Azospirillum: Technical Issues and Protocols**. Springer International Publishing, 2015. p. 469–486.

BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 5, p. 1229–1240, 2014.

BENJAMIN, J. G.; NIELSEN, D. C. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. **Field Crops Research**, v. 97, n. 2–3, p. 248–253, 2006.

BIANCO, C.; DEFEZ, R. *Medicago truncatula* improves salt tolerance when nodulated by an indole-3-acetic acid-overproducing *Sinorhizobium meliloti* strain. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 11, p. 3097–3107, 2009.

BOTTINI, R.; FULCHIERI, M.; PEARCE, D.; PHARIS, R. P. Identification of Gibberellins A1, A3, and Iso-A3 in Cultures of *Azospirillum lipoferum*l. **Plant Physiology**, v. 90, p. 45–47, 1989.

BULEGON, L. G.; BATTISTUS, A. G.; GUIMARÃES, V. F.; INAGAKI, A. M.; OFFEMANN, L. C.; SOUZA, A. K. P.; OLIVEIRA, P. S. R. Physiological responses of *Urochloa ruziziensis* inoculated with *Azospirillum brasilense* to severe drought and rehydration conditions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1283–1289, 2017.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; EGEWARTH, V. A.; SANTOS, M. G.; HELING, A. L.; FERREIRA, S. D.; WENGRAT, A. P. G. S.; BATTISTUS, A. G. Crescimento e trocas gasosas no período vegetativo da soja inoculada com bactérias diazotróficas. **Nativa**, v. 4, n. 5, p. 277–286, 2016.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; LAURETH, J. C. U. *Azospirillum brasilense* affects the antioxidant activity and leaf pigment content of *Urochloa ruziziensis* under water stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 3, p. 343–349, 2016.

CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; JÚNIOR, C. L. D. S. Genetic parameters of drought tolerance related traits in tropical maize. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 595–603, 2007.

CAMPOS, M. K. F.; CARVALHO, K.; SOUZA, F. S.; MARUR, C. J.; PEREIRA, L. F. P.; FILHO, J. C. B.; VIEIRA, L. G. E. Drought tolerance and antioxidant enzymatic activity in transgenic 'Swingle' citrumelo plants over-accumulating proline. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, n. 2, p. 242–250, 2011.

CAO, B.; MA, Q.; ZHAO, Q.; WANG, L.; XU, K. Effects of silicon on absorbed light allocation, antioxidant enzymes and ultrastructure of chloroplasts in tomato leaves under simulated drought stress. **Scientia Horticulturae**, v. 194, p. 53–62, 2015.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciência Rural**, v. 25, n. 1, p. 183–188, 1995.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; NETO, D. D.; LIER, Q. J. van; MULLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista FZVA**, v. 14, n. 2, p. 102–120, 2007.

CASSÁN, F. D.; OKON, Y.; CREUS, C. M. **Handbook for azospirillum: technical issues and protocols**. Springer International Publishing, 2015. 514 p.

CASSÁN, F.; PERRIG, D.; SGROY, V.; MASCIARELLI, O.; PENNA, C.; LUNA, V. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology**, v. 45, n. 1, p. 28–35, 2009.

CATUCHI, T. A.; VIEIRA, F.; GUIDORIZZI, C.; GUIDORIZI, K. A. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 519–527, 2012.

CATUCHI, T. A.; VÍTOLO, H. F.; BERTOLLI, S. C.; SOUZA, G. M. Tolerance to water deficiency between two soybean cultivars : transgenic versus conventional. **Ciência Rural**, v. 41, n. 3, p. 373–378, 2011.

CHANG, Z.; LIU, Y.; DONG, H.; TENG, K.; HAN, L.; ZHANG, X. Effects of cytokinin and nitrogen on drought tolerance of creeping bentgrass. **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, p. 1–19, 2016.

CHAVARRIA, G.; DURIGON, M. R.; KLEIN, V. A.; KLEBER, H. Restrição fotossintética de plantas de soja sob variação de disponibilidade hídrica. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1387–1393, 2015.

COHEN, A. C.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. N. *Azospirillum brasilense* Sp 245 produces ABA in chemically-defined culture medium and increases ABA content in arabidopsis plants. **Plant Growth Regulation**, v. 54, n. 2, p. 97–103, 2008.

COHEN, A. C.; BOTTINI, R.; PONTIN, M.; BERLI, F. J.; MORENO, D.; BOCCANLANDRO, H.; TRAVAGLIA, C. N.; PICCOLI, P. N. *Azospirillum brasilense* ameliorates the response of *Arabidopsis thaliana* to drought mainly via enhancement of ABA levels. **Physiologia Plantarum**, v. 153, n. 1, p. 79–90, 2015.

COHEN, A. C.; TRAVAGLIA, C. N.; BOTTINI, R.; PICCOLI, P. N. Participation of abscisic acid and gibberellins produced by endophytic *Azospirillum* in the alleviation of drought effects in maize. **Botany**, v. 87, n. 5, p. 455–462, 2009.

EGHBALL, B.; MARANVILLE, J. W. Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 1, p. 147, 1993.

ESITKEN, A.; KARLIDAG, H.; ERCISLI, S.; TURAN, M.; SAHIN, F. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacıhaliloglu). **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, n. 4, p. 377–380, 2003.

ESITKEN, A.; PIRLAK, L.; TURAN, M.; SAHIN, F. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. **Scientia Horticulturae**, v. 110, n. 4, p. 324–327, 2006.

ESTEVEZ, S.; SUZUKI, M. S. Efeito da salinidade sobre as plantas. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, p. 662–679, 2008.

FAHAD, S.; HUSSAIN, S.; BANO, A.; SAUD, S.; HASSAN, S.; SHAN, D.; KHAN, F. A.; KHAN, F.; CHEN, Y.; WU, C.; TABASSUM, M. A.; CHUN, M. X.; AFZAL, M.; JAN, A.; JAN, M. T.; HUANG, J. Potential role of phytohormones and plant growth-promoting rhizobacteria in abiotic stresses: consequences for changing environment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 7, p. 4907–4921, 2014.

FAN, X.; HU, H.; HUANG, G. Soil inoculation with Burkholderia sp. LD-11 has positive effect on water-use efficiency in inbred lines of maize. **Plant Soil**, v. 390, n. 1, p. 337–349, 2015.

FAROOQ, M.; GOGOI, N.; BARTHAKUR, S.; BAROOWA, B.; BHARADWAJ, N.; ALGHAMDI, S. S.; SIDDIQUE, K. H. M. Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 203, n. 2, p. 1–22, 2016.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. A.; MARTÍNEZ, C. R.; CHANWAY, C. P. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. **Applied Soil Ecology**, v. 40, n. 1, p. 182–188, 2008.

FIGOREZE, S. L.; PIVETTA, L. G.; FANO, A.; MACHADO, F. R.; GUIMARÃES, V. F. Comportamento de genótipos de soja submetidos a déficit hídrico intenso em casa de vegetação. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 342–349, 2011.

FIGOREZE, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. D. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob déficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432–1439, 2013.

GARCIA, N. F. S.; ARF, O.; PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, M.; PENTEADO, M. S. Doses and application methods of *Azospirillum brasilense* in irrigated upland rice. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 990–995, 2016.

GAVA, R.; FRIZZONE, J. A.; SNYDER, R. L.; JOSE, J. V.; FRAGA JR, E. F.; PERBONI, A. Estresse hídrico em diferentes fases da cultura da soja. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 6, p. 349–359, 2015.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909–930, 2010.

GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological Research**, v. 169, n. 1, p. 30–39, 2014.

GOLUBEV, S. N.; MURATOVA, A. Y.; WITTENMAYER, L.; BONDARENKOVA, A. D.; HIRCHE, F.; MATORA, L. Y.; MERBACH, W.; TURKOVSKAYA, O. V. Rhizosphere indole-3-acetic acid as a mediator in the *Sorghum bicolor* phenanthrene *Sinorhizobium meliloti* interactions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 6, p. 600–608, 2011.

GROVER, M.; MADHUBALA, R.; ALI, S. Z.; YADAV, S. K.; VENKATESWARLU, B. Influence of *Bacillus* spp. strains on seedling growth and physiological parameters of sorghum under moisture stress conditions. **Journal of Basic Microbiology**, v. 54, n. 9, p. 951–961, 2014.

GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; MOREIRA, J. C. F.; REZENDE, D. Crescimento inicial de plantas de arroz inoculadas com *Azospirillum* spp. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 45–50, 2013.

GUTIÉRREZ-MAÑERO, F. J.; RAMOS-SOLANO, B.; PROBANZA, A.; MEHOUACHI, J.; TADEO, F. R.; TALON, M. The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins. **Physiologia Plantarum**, v. 111, n. 2, p. 206–211, 2001.

HALDA-ALIJA, L. Identification of indole-3-acetic acid producing freshwater wetland rhizosphere bacteria associated with *Juncus effusus* L. **Canadian journal of microbiology**, v. 49, n. 12, p. 781–787, 2003.

HEINEMANN, A. B.; ANDRADE, C. L. T.; GOMIDE, R. L.; AMORIM, A. O.; DA PAZ, R. L. Padrões de deficiência hídrica para a cultura de milho (safra normal e safrinha) no estado de goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 1026–1033, 2009.

HENDGES, F. B.; RAMBO, C. R.; ALCASSA, L. P.; LIEBL, J.; VENDRUSCOLO, E. C. G.; COSTA, A. C. T. Avaliação enzimática e fisiológica de plântulas de milho submetidas à seca. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 4, n. 2, p. 52–63, 2015.

HOMAYOUN, H.; DALIRI, S.; MEHRABI, P. Effect of drought stress on leaf chlorophyll in corn cultivars (*Zea mays*). **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 9, n. 3, p. 418–420, 2011.

HUANG, X.; ZHOU, G.; YANG, W.; WANG, A.; HU, Z.; LIN, C.; CHEN, X. Drought-inhibited ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase activity is mediated through increased release of ethylene and changes in the ratio of polyamines in pakchoi. **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 15, p. 1392–1400, 2014.

IQBAL, N.; NAZAR, R.; SYEED, S.; MASOOD, A.; KHAN, N. A. Exogenously-sourced ethylene increases stomatal conductance, photosynthesis, and growth under optimal and deficient nitrogen fertilization in mustard. **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 14, p. 4955–4963, 2011.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 60, n. 1, p. 7–11, 2007.

JOO, G. J.; KANG, S. M.; HAMAYUN, M.; KIM, S. K.; NA, C. I.; SHIN, D. H.; LEE, I. J. *Burkholderia* sp. KCTC 11096BP as a newly isolated gibberellin producing bacterium. **Journal of Microbiology**, v. 47, n. 2, p. 167–171, 2009.

KANG, S. M.; HAMAYUN, M.; JOO, G. J.; KHAN, A. L.; KIM, Y. H.; KIM, S. K.; JEONG, H. J.; LEE, I. J. Effect of *Burkholderia* sp. KCTC 11096BP on some physiochemical attributes of cucumber. **European Journal of Soil Biology**, v. 46, n. 3, p. 264–268, 2010.

KANG, S. M.; RADHAKRISHNAN, R.; KHAN, A. L.; KIM, M. J.; PARK, J. M.; KIM, B. R.; SHIN, D. H.; LEE, I. J. Gibberellin secreting rhizobacterium, *Pseudomonas putida* H-2-3 modulates the hormonal and stress physiology of soybean to improve the plant growth under saline and drought conditions. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 84, p. 115–124, 2014.

KAPPES, C.; SILVA, R. G.; FERREIRA, V. E. N. Aplicação foliar de *Azospirillum brasilense* E doses de nitrogênio em cobertura no milho safrinha. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 16, n. 3, p. 366–373, 2017.

KINOSHITA, N.; WANG, H.; KASAHARA, H.; LIU, J.; MACPHERSON, C.; MACHIDA, Y.; KAMIYA, Y.; HANNAH, M. A.; CHUA, N.-H. IAA-Ala resistente, an evolutionarily conserved target of mir167, mediates arabidopsis root architecture changes during high osmotic stress. **The Plant Cell**, v. 24, n. 9, p. 3590–3602, 2012.

KRAMER, P. J. Drought stress, and the origins of adaptations. In: TUNER, N. C.; KRAMER, P. J. (Ed.). **Adaptation of plants to water and high temperature stress**. New York: Wiley publ, 1980. p. 7–22.

KUMAR, M.; MISHRA, S.; DIXIT, V.; KUMAR, M.; AGARWAL, L.; CHAUHAN, P. S.; NAUTIYAL, C. S. Synergistic effect of *Pseudomonas putida* and *Bacillus amyloliquefaciens* ameliorates drought stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Plant Signaling & Behavior**, v. 11, n. 1, p. e1071004, 2016.

KUMAR, M. S. S.; ALI, K.; DAHUJA, A.; TYAGI, A. Plant physiology and biochemistry role of phytosterols in drought stress tolerance in rice. **Plant Physiology et Biochemistry**, v. 96, p. 83–89, 2015.

KUMARI, S.; KUMAR, S.; PRAKASH, P. Exogenous application of cytokinin (6-BAP) ameliorates the adverse effect of combined drought and high temperature stress in wheat seedling. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 7, n. 1, p. 1176–1180, 2018.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1511–1520, 2007.

KUSS, A. V.; KUSS, V. V.; LOVATO, T.; FLÔRES, M. L. Fixação de nitrogênio e produção de ácido indolacético in vitro por bactérias diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 10, p. 1459–1465, 2007.

LARCHER, W. **Physiological planta ecology**. 4. ed. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2003.

LAUTERI, M.; HAWORTH, M.; SERRAJ, R.; MONTEVERDI, M. C.; CENTRITTO, M. Photosynthetic diffusional constraints affect yield in drought stressed rice cultivars during flowering. **PLoS ONE**, v. 9, n. 10, p. e109054, 2014.

LI, J.; CANG, Z.; JIAO, F.; BAI, X.; ZHANG, D.; ZHAI, R. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, p. 1–7, 2015.

LI, Q.; SALEH-LAKHA, S.; GLICK, B. R. The effect of native and ACC deaminase-containing *Azospirillum brasilense* Cd1843 on the rooting of carnation cuttings. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 51, n. 6, p. 511–514, 2005.

LI, Y.; ZHAO, H.; DUAN, B.; KORPELAINEN, H.; LI, C. Effect of drought and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of *Cotinus coggygia* seedlings under two different light conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 71, n. 1, p. 107–113, 2011.

LI, Z.; LU, G. Y.; ZHANG, X. K.; ZOU, C. S.; CHENG, Y.; ZHENG, P. Y. Improving drought tolerance of germinating seeds by exogenous application of gibberellic acid (GA₃) in rapeseed (*Brassica napus* L.). **Seed Science & Technology**, v. 38, n. 1, p. 432–440, 2010.

- LI, Z.; ZHANG, X.; ZHAO, Y.; LI, Y.; ZHANG, G.; PENG, Z.; ZHANG, J. Enhancing auxin accumulation in maize root tips improves root growth and dwarfs plant height. **Plant Biotechnology Journal**, v. 16, n. 1, p. 86–99, 2018.
- LIU, X.; CHAN, Z. Application of potassium polyacrylate increases soil water status and improves growth of bermudagrass (*Cynodon dactylon*) under drought stress condition. **Scientia Horticulturae**, v. 197, n. 14, p. 705–711, 2015.
- LÓPEZ-BUCIO, J.; CAMPOS-CUEVAS, J. C.; HERNÁNDEZ-CALDERÓN, E.; VELÁSQUEZ-BECERRA, C.; FARIÁS-RODRÍGUEZ, R.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L. I.; VALENCIA-CANTERO, E. *Bacillus megaterium* rhizobacteria promote growth and alter root-system architecture through an auxin- and ethylene-independent signaling mechanism in *Arabidopsis thaliana*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 20, n. 2, p. 207–217, 2007.
- MAGHSOUDI, K.; EMAM, Y.; ASHRAF, M. Influence of foliar application of silicon on chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and growth in water-stressed wheat cultivars differing in drought tolerance. **Turkish Journal of Botany**, v. 39, n. 4, p. 625–634, 2015.
- MARULANDA, A.; BAREA, J. M.; AZCÓN, R. An indigenous drought-tolerant strain of *Glomus intraradices* associated with a native bacterium improves water transport and root development in *Retama sphaerocarpa*. **Microbial Ecology**, v. 52, n. 4, p. 670–678, 2006.
- MATTOS, J. L. S.; GOMIDE, J. A.; HUAMAN, C. A. M. Effect of water deficit on the growth of *Brachiaria* species in greenhouse. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 746–754, 2005.
- MAYAK, S.; TIROSH, T.; GLICK, B. R. Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and peppers. **Plant Science**, v. 166, n. 2, p. 525–530, 2004.
- NADERI, A.; NASERI, R.; FATHI, A.; BAHAMIN, S.; MALEKI, R. Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**, v. 2, n. 6, p. 38–44, 2013.
- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FREIRE FILHO, F. R.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 853–860, 2011.
- NAWAZ, F.; AHMAD, R.; ASHRAF, M. Y.; WARAICH, E. A.; KHAN, S. Z. Effect of selenium foliar spray on physiological and biochemical processes and chemical constituents of wheat under drought stress. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 113, p. 191–200, 2015.
- OLIVARES, F. L.; BUSATO, J. G.; PAULA, A. M.; DA SILVA LIMA, L.; AGUIAR, N. O.; CANELLAS, L. P. Plant growth promoting bacteria and humic substances: crop promotion and mechanisms of action. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 1–13, 2017.
- PATTEN, C. L.; GLICK, B. R. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. **Applied and environmental microbiology**, v. 68, n. 8, p. 3795–3801, 2002.
- PEREIRA, L. C.; PIANA, S. C.; BRACCINI, A. L.; GRACIA, M. M.; GARCIA, M. M.; FERRI, C. C.; FELBER, P. H.; MARTELI, D. C. V.; BIANCHESSI, P. A.; DAMETTO, I. B. Rendimento do trigo (*Triticum aestivum*) em resposta a diferentes modos de inoculação com *Azospirillum brasilense*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 105–113, 2017.

PERRIG, D.; BOIERO, M. L.; MASCIARELLI, O. A.; PENNA, C.; RUIZ, O. A.; CASSÁN, F. D.; LUNA, M. V. Plant-growth-promoting compounds produced by two agronomically important strains of *Azospirillum brasilense*, and implications for inoculant formulation. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 75, n. 5, p. 1143–50, 2007.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropedica: Edur, 2004.

RADEMACHER, W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 34, n. 4, p. 845–872, 2015.

RADWAN, T. E. E.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Efeito da inoculação de *Azospirillum* e *Herbaspirillum* na produção de compostos indólicos em plântulas de milho e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 987–994, 2004.

RADWAN, T. E. S. E. I. D.; MOHAMED, Z. K.; REIS, V. M. Aeração e adição de sais na produção de ácido indol acético por bactérias diazotróficas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 10, p. 997–1004, 2005.

RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; NACKE, H.; KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 4, p. 678–685, 2012.

REETHA, S.; BHUVANESWARI, G.; THAMIZHINIYAN, P.; MYCIN, T. R. Isolation of indole acetic acid (IAA) producing rhizobacteria of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* and enhance growth of onion (*Allium cepa* L.). **International journal of current microbiology and applied sciences**, v. 3, n. 2, p. 568–574, 2014.

REGUERA, M.; PELEG, Z.; ABDEL-TAWAB, Y. M.; TUMIMBANG, E. B.; DELATORRE, C. A.; BLUMWALD, E. Stress-induced cytokinin synthesis increases drought tolerance through the coordinated regulation of carbon and nitrogen assimilation in rice. **Plant Physiology**, v. 163, n. 4, p. 1609–1622, 2013.

RODRIGEZ-SALAZAR, J.; SUÁREZ, R.; CABELLERO-MELLADO, J.; ITURRIAGA, G. Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. **Microbiological Letters**, v. 296, n. 1, p. 52–59, 2009.

SANDHYA, V.; ALI, S. Z.; GROVER, M.; REDDY, G.; VENKATESWARLU, B. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. **Plant Growth Regulation**, v. 62, n. 1, p. 21–30, 2010.

SANTOS; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287–294, 1998.

SANTOS, D.; GUIMARÃES, V. F.; KLEIN, J.; FIOREZE, S. L.; MACEDO JÚNIOR, E. K. Cultivares de trigo submetidas a déficit hídrico no início do florescimento, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 8, p. 836–842, 2012.

SCHIEBER, M.; CHANDEL, N. S. ROS function in redox signaling and oxidative stress. **Current Biology**, v. 24, n. 10, p. 453–462, 2014.

SHARP, R. E.; LENOBLE, M. E. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 366, p. 33–37, 2001.

SILVA, M. M. P.; VASQUEZ, H. M.; BRESSAN-SMITH, R. E.; SILVA, J. F. C.; ERBESDOBLER, E. D.; ANDRADE JR, P. S. C. Respostas morfológicas de gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes condições hídricas do solo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1493–1504, 2005.

SINCLAIR, T.; LUDLOW, M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 13, n. 3, p. 329, 1986.

SLAMA, I.; M'RABET, R.; KSOURI, R.; TALBI, O.; DEBEZ, A.; ABDELLELY, C. Water deficit stress applied only or combined with salinity affects physiological parameters and antioxidant capacity in *Sesuvium portulacastrum*. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 213, n. 1, p. 69–76, 2015.

SOUZA, F. H. D.; MATTA, F. P.; FÁVERO, A. P. **Construção de ideótipos de gramíneas para usos diversos**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2014.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748–755, 2005.

SUDHAKAR, P.; CHATTOPADHYAY, G. N.; GANGWAR, S. K.; GHOSH, J. K. Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). **The Journal of Agricultural Science**, v. 134, n. 02, p. 227–234, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artemed, 2013.

TANAKA, Y.; SANO, T.; TAMAOKI, M.; NAKAJIMA, N.; KONDO, N. Ethylene Inhibits Absciscic Acid-Induced Stomatal Closure in Arabidopsis. **Plant physiology**, v. 138, n. 8, p. 2337–2343, 2005.

VALLURU, R.; DAVIES, W. J.; REYNOLDS, M. P.; DODD, I. C. Foliar abscisic acid-to-ethylene accumulation and response regulate shoot growth sensitivity to mild drought in wheat. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, n. 4, p. 1–13, 2016.

VARDHARAJULA, S.; ALI, S. Z.; GROVER, M.; REDDY, G.; BANDI, V. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp.: Effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. **Journal of Plant**, v. 6, n. 1, p. 1–14, 2011.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, v. 255, n. 2, p. 571–586, 2003.

VIEIRA, F. C. F.; SANTOS JUNIOR, C. D.; NOGUEIRA, A. P. O.; DIAS, A. C. C.; HAMAWAKI, O. T.; BONETTI, A. M. Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por peg 6000. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 3, p. 543–552, 2013.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological Research**, v. 184, p. 13–24, 2016.

WANG, Y.; MA, F.; LI, M.; LIANG, D.; ZOU, J. Physiological responses of kiwifruit plants to exogenous ABA under drought conditions. **Plant Growth Regulation**, v. 64, n. 1, p. 63–74, 2011.

XU, J.; LI, X. L.; LUO, L. Effects of engineered *Sinorhizobium meliloti* on cytokinin synthesis and tolerance of alfalfa to extreme drought stress. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 22, p. 8056–8061, 2012.

YU, G. R.; WANG, Q. F.; ZHUANG, J. Modeling the water use efficiency of soybean and maize plants under environmental stresses: application of a synthetic model of photosynthesis-transpiration based on stomatal behavior. **Journal of plant physiology**, v. 161, n. 3, p. 303–318, 2004.

ZAHIR, Z.; MUNIR, A.; ASGHAR, H.; SHAHAROONA, B.; ARCHED, M. Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. **Journal of Microbiology and Technology**, v. 18, n. 5, p. 958–963, 2008.

ZAKIKHANI, H.; ARDAKANI, M. R.; REJALI, F.; GHOLAMHOSEINI, M.; JOGHAN, A. K.; DOLATABADIAN, A. Influence of diazotrophic bacteria on antioxidant enzymes and some biochemical characteristics of soybean subjected to water stress. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 11, n. 11, p. 1828–1835, 2012.

ZHOU, Y.; LAMBRIDES, C. J.; FUKAI, S. Drought resistance of bermudagrass (*Cynodon* spp.) ecotypes collected from different climatic zones. **Environmental and Experimental Botany**, v. 85, n. 1, p. 22–29, 2013.

ZUFFO, A. M.; BRUZI, A. T.; REZENDE, P. M.; CARVALHO, MOREIRA, M. L.; ZAMBIAZZI, E. V.; SOARES, I. O.; SILVA, K. B. Foliar application of *Azospirillum brasilense* in soybean and seed physiological quality. **African Journal of Microbiology Research**, v. 10, n. 20, p. 675–680, 2016.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-HÍDRICAS DE CHERNOSSOLOS NO ESTADO DO PIAUÍ

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Herbert Moraes Moreira Ramos

Professor da Universidade Estadual do Piauí
– UESPI, Centro de Ciências Agrárias – CCA,
Curso de Bacharelado em Agronomia
<http://lattes.cnpq.br/2734322775482930>

RESUMO: Os atributos físico-hídricos do solo são de fundamental importância para o desenvolvimento das culturas, pois estes coordenam o fluxo de gases e água no solo. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os atributos físico-hídricos de Chernossolo Háplico no Estado do Piauí. Amostras de solo foram coletadas em três perfis em áreas de matas nativas no Estado do Piauí. Em cada solo foram coletadas amostras com estrutura deformada e indeformada, nas profundidades de: 0 a 20; 20 a 40; e 40 a 60 cm, em minitrincheiras, com duas repetições. Os atributos físico-hídricos determinados foram: a densidade do solo, porosidade total, capacidade de campo, ponto de murcha permanente, a água disponível e granulometria (teor de argila, silte, areia fina, areia grossa e total de areia). Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva. A densidade do solo variou entre 1,1 e 1,9 Mg m⁻³ com média de 1,6 Mg m⁻³, a porosidade total variou entre 52 e 67 (%) com média de 60 (%), capacidade de campo variou entre 43 e 58 (%) com média de 52 (%), ponto de murcha permanente variou entre 25 e 42 (%) com média de 33 (%) e água disponível variou

entre 14 e 28 (%) com média de 19 (%). De acordo com o Sistema de Classificação Físico-Hídrica, os solos podem ser classificados como solos com alta restrição quanto a aeração e baixa restrição quanto a disponibilidade de água. As características geradas proporcionam um conhecimento dos atributos físico-hídricos dos Chernossolos no Estado do Piauí e permitem utilizá-los como ferramenta de manejo dos solos ou na avaliação de aptidão agrícola das terras.

PALAVRAS-CHAVE: Classificação de solo. Água disponível. Aeração do solo.

ABSTRACT: The physical-hydric attributes of the soil are of fundamental importance for the development of cultures, as they coordinate the flow of gases and water in the soil. The objective of this work was to characterize the physico-hydric attributes of Haplic Chernosol in the State of Piauí. Soil samples were collected in three profiles in areas of native forests in the State of Piauí. Samples with deformed and undisturbed structure were collected in each soil, at depths from: 0 to 20; 20 to 40; and 40 to 60 cm, in mini trenches, with two replications. The physical-hydric attributes determined were: bulk density, total porosity, field capacity, permanent wilting point, available water and granulometry (clay content, silt, fine sand, coarse sand and total sand). Data were submitted to descriptive statistical analysis. Bulk density varied between 1.1 and 1.9 Mg m⁻³ with an average of 1.6 Mg m⁻³, the total porosity varied between 52 and 67 (%) with an average of 60 (%), field capacity ranged between 43 and 58 (%) with an average of 52 (%), permanent wilting point ranged between 25

and 42 (%) with an average of 33 (%) and available water ranged between 14 and 28 (%) with an average of 19 (%). According to the Physical-Hydric Classification System, bulks can be classified as bulks with high restriction in terms of aeration and low restriction in terms of water availability. The generated characteristics provide a knowledge of the physical-hydric attributes of the Chernossols in the State of Piauí and allow to use them as a soil management tool or in the evaluation of agricultural aptitude of the lands.

KEYWORDS: Soil Classification. Available water. Soil aeration.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo do atributos físico-hídricos do solo é importante e necessário, uma vez que, com outras informações, possibilita o conhecimento das relações solo-água-plantat-atmosfera (SHAO; MA, 2008). O manejo adequados dos atributos físico-hídricos são de fundamental importância para promoção de um desenvolvimento agropecuário sustentável. Esses possuem relação direta com a capacidade de armazenamento de água no solo e sua disponibilidade para as plantas. Portanto, é necessário conhecer os fatores que interferem nas relações existentes entre a água e o solo, de forma a explorar e manejar eficientemente estes recursos (RIBEIRO, 2005).

Os Chernossolos não apresentam desenvolvimento muito avançado, originários de rochas ricas em cálcio e magnésio e presença de minerais esmectíticos que conferem alta atividade da argila e eventual acumulação de carbonato de cálcio, promovendo reação aproximadamente neutra ou moderadamente ácida a fortemente alcalinos, com enriquecimento em matéria orgânica (MELO et al., 2017).

Na literatura são raros estudos que caracterizaram atributos físico-hídricos dos Chernossolos (LACERDA RIBEIRO et al., 2018;).

Para o Estado do Piauí, existe uma grande carência de informações sobre os atributos físico-hídricos do solo, que são de fundamental importância para a agricultura irrigada, por exemplo.

Nesse sentido, conduziu-se esse trabalho com o objetivo de caracterizar os atributos físicos e de Chernossolo Háplico no Estado do Piauí.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram coletadas em três perfis em áreas de matas nativas no Estado do Piauí. Em cada solo foram coletadas amostras com estrutura deformada e indeformada, nas profundidades de: 0 a 20; 20 a 40; e 40 a 60 cm, em minitrincheiras, com duas repetições (Figura 1).



Figura 1. Minitrincheiras abertas para amostragem de solo da área de estudo (Estado do Piauí).

Fonte: RAMOS, 2017.

Na tabela 01 estão as classificações, localizações e coordenadas geográficas dos perfis minitrincheiras abertas para amostragem de solo.

Amostra	CLASSIFICAÇÃO Adaptada de Jacomine (1983)	Município	Coordenadas GPS em UTM
1	CHERNOSSOLO HÁPLICO (MX)	Amarante	-6,20135298930109 -6,20135298930109
2	CHERNOSSOLO HÁPLICO (MX)	Angical	-6,08928669244052 -42,7268530894071
3	CHERNOSSOLO HÁPLICO (MX)	Amarante	-6,24671836383641 -42,8236409369856

Tabela 1. Classificação, localização e coordenadas geográficas dos perfis da minitrincheiras da área onde as amostras dos solos foram coletadas.

Os atributos físico-hídricos do solo determinados foram: teor de argila, silte, areia fina, areia grossa e total de areia), densidade do solo (Ds), porosidade total (PT), capacidade de campo volumétrica (CC), ponto de murcha permanente volumétrica (PMP) e a água disponível (AD), resultante da diferença da umidade do solo entre a CC e o PMP.

As análises foram realizadas com o manual de métodos de análise de solo (Donagema et al., 2011) e os solos foram escolhidos baseados no mapa pedológico do Estado do Piauí (JACOMINE, 1983), foi realizado checagem de campo e aferidos de acordo com a granulometria e a análise química e física das amostras de acordo com o Sistema

Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

As mostra foram classificadas ainda de acordo com o Sistema de Classificação Físico-Hídrica de Solos – SCFHS (OTTONI FILHO, 2003) agrupa os solos segundo sua capacidade de aerar e hidratar as rizosferas, num perfil de até 70 cm de profundidade (Figura 2).

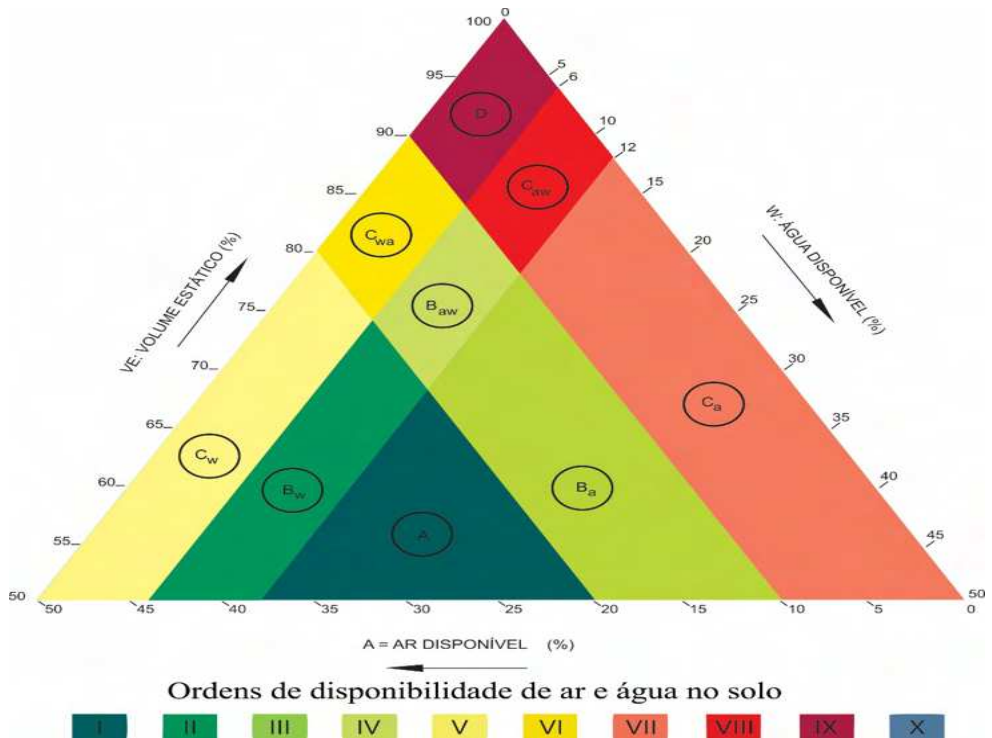


Figura 2. Triângulo de disponibilidade de ar e água no solo e respectivas ordens.

Fonte: Ottoni Filho, 2003.

Para a determinação da CC foi utilizado o método da mesa de tensão em potenciais matriciais específicos (-6 kPa) e para o PMP a câmara de pressão de Richards em potencial matricial de -1500 kPa de acordo com o manual de métodos de análise de solo (DONAGEMA et al., 2011).

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, com análise da média, mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva para os atributos do solo considerando todas as classes de solo com os valores de média, valor mínimo, valor máximo, desvio padrão, coeficiente de

variação, estão apresentadas na Tabela 2.

Variável	Média	Mín.	Max.	DP	CV (%)
Argila (g kg ⁻¹)	375	205	472	72	19
Silte (g kg ⁻¹)	268	187	391	81	30
Areia fina (g kg ⁻¹)	237	138	346	71	30
Areia grossa (g kg ⁻¹)	119	44	178	45	38
Ds (Mg m ⁻³)	1.5	1.3	1.6	0.1	8
PT %	60	52	67	6	10
CC %	52	43	58	7	13
PMP %	33	25	42	6	18
AD %	19	14	28	5	25

DS = densidade do solo; PT = porosidade total; CC = capacidade de campo; PMP = ponto de murcha permanente; A = Ar disponível; Mín = mínimo; Max. = máximo; DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação (%);

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis.

A densidade do solo variou entre 1,3 e 1,6 Mg m⁻³ com média de 1,5 Mg m⁻³, a porosidade total variou entre 52 e 67 (%) com média de 60 (%), capacidade de campo variou entre 43 e 58 (%) com média de 52 (%), ponto de murcha permanente variou entre 25 e 42 (%) com média de 33 (%) e água disponível variou entre 14 e 28 (%) com média de 19 (%), a Argila variou entre 205 e 472 (g kg⁻¹) com média de 375 (g kg⁻¹), o Silte variou entre 187 e 391 (g kg⁻¹) com média de 268 (g kg⁻¹), a Areia fina variou entre 138 e 346 (g kg⁻¹) com média de 237 (g kg⁻¹) e a Areia grossa variou entre 44 e 178 (g kg⁻¹) com média de 119 (g kg⁻¹).

Os coeficientes de variação, para a maioria das variáveis, foram baixo (<30%), com exceção da Areia grossa, corroboram com esses resultados LACERDA RIBEIRO et al. (2018), avaliando as condições físicas de Chernossolos da bacia hidrográfica do Rio Santa Maria, RS, esses autores observaram coeficiente de variação (CV) em baixo (< 15%), para Ds, PT e θCC.

Na tabela 03 são apresentadas a classificação físico-hídricas dos perfis de solos quanto de disponibilidade de ar e água.

CHERNOSSOLO HÁPLICO									
Prof.	DS	PT	CC	PMP	A	W	VE	Classe	Ordem
Cm	Mg m ⁻³				%				
20	1,3	2,7	64	54	33	10	21	Ca	VII
40	1,3	3,0	66	58	30	8	28	Ca	VII
60	1,5	3,4	67	57	35	9	23	Ca	VII

DS = densidade do solo; DP = densidade de partícula; PT = porosidade total; CC = capacidade de campo; PMP = ponto de murcha permanente; A = Ar disponível; W= Água disponível; VE = volume estático.

Tabela 3. Classificação físico-hídricas dos perfis de solos quanto de disponibilidade de ar e água.

De acordo com o Sistema de Classificação Físico-Hídrica, os solos foram classificados como solos com alta restrição quanto à aeração ($A < 10\%$) e baixa restrição quanto à disponibilidade de água ($W > 12\%$).

4 | CONCLUSÃO

As características geradas sob as condições deste estudo proporcionam um conhecimento dos atributos físico-hídricos dos Chernossolos no Estado do Piauí e permitem utilizá-los como ferramenta de manejo dos solos ou na avaliação de aptidão agrícola das terras ou no dimensionamento dos projetos de irrigação.

REFERÊNCIAS

DONAGEMA, G. K., DE CAMPOS, D. B., CALDERANO, S. B., TEIXEIRA, W. G., & VIANA, J. M. Manual de métodos de análise de solo. **Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 353p, 2013.

JACOMINE, PKT, **Mapa exploratório-reconhecimento de solos do estado do Piauí**, Convênio EMBRAPA/SNLCS-SUDENE-DRN, 1983.

LACERDA RIBEIRO, Pablo et al. Condições físicas de Chernossolos cultivados com soja na bacia hidrográfica do Rio Santa Maria, RS. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, 2018.

MELO, A. F. D. de et al. Pedogênese de Chernossolos derivados de diferentes materiais de origem no oeste potiguar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 229-235, 2017.

OTTONI FILHO, T. B. Uma classificação físico-hídrica dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, 2003.

RIBEIRO, K.D. **Influência da distribuição de vazios na condutividade hidráulica do solo saturado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 56 f. 2005.

SHAO, M.; ZHU, Y. Variability and pattern of surface moisture on a small-scale hillslope in Liudaogou catchment on the northern Loess Plateau of China. **Geoderma**, v.147, p.185-191, 2008.

FERMENTAÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA EM BENEFÍCIO DA SUSTENTABILIDADE SOCIAL E ECONÔMICA DA ATIVIDADE CAFEIEIRA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Amara Alice Cerqueira Estevam

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais –
Campus Manhuaçu
Manhuaçu – Minas Gerais

Ana Paula Lelis Rodrigues de Oliveira

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais –
Campus Manhuaçu
Manhuaçu – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/5568300015533345>

Gabriel Henrique Horta de Oliveira

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais –
Campus Manhuaçu
Manhuaçu – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7158057432437916>

RESUMO: Na produção de cafés especiais, a qualidade é influenciada por diversos fatores, dentre eles, as condições edafoclimáticas, os microrganismos presentes no solo e nas plantas, o manejo da lavoura e da colheita, bem como as etapas do pós-colheita. Durante a pós-colheita, pode-se, através da fermentação controlada dos grãos, agregar atributos como fragrância, sabor e elevação da pontuação global. Desta forma, objetivou-se, por meio de uma revisão de literatura, conhecer os processos de fermentação empregados para a produção de cafés especiais, assim como estudar a influência da fermentação sobre a qualidade dos grãos de cafés especiais e seu valor comercial de modo a compilar

informações úteis para o desenvolvimento de práticas que favoreçam as sustentabilidades econômica e social da atividade cafeeira. Foi realizada uma revisão bibliográfica utilizando artigos científicos publicados em periódicos ou eventos, monografias, dissertações e teses publicados em português, inglês e espanhol nos últimos cinco anos (2015-2020). Constatou-se que os sistemas de fermentação são realizados por sistema úmido via úmida ou sistema seco, em sistemas fechado ou aberto, com fermentação espontânea ou induzida. Independentemente do tipo de processo de fermentação de cafés, deseja-se que as transformações químicas, confirmam, ao café, aspectos sensoriais desejáveis e, consequentemente aumentem sua pontuação, o que leva a valorização do produto no mercado, sendo uma alternativa para as sustentabilidades social e econômica do produtor.

PALAVRAS-CHAVE: Aspectos físicos-químicos; qualidade; triple bottom line.

FERMENTATION OF SPECIALTY COFFEES: A REVIEW OF THE LITERATURE IN FAVOR OF THE SOCIAL AND ECONOMIC SUSTAINABILITY OF THE COFFEE ACTIVITY

ABSTRACT: In the production of specialty coffees, the quality is influenced by several factors, among them, the edaphoclimatic conditions, the microorganisms present in the soil and in the plants, the management of the crop and harvest, as well as the post-harvest stages. During post-harvest, it is possible, through controlled fermentation of the beans, to add attributes such as fragrance, flavor and

elevation of the global score. Thus, the objective was, through a literature review, to know the fermentation processes used for the production of specialty coffees, as well as to study the influence of fermentation on the quality of specialty coffee beans and their commercial value in order to compile useful information for the development of practices that favor the economic and social sustainability of the coffee activity. A literature review was carried out using scientific articles published in journals or events, monographs, dissertations and theses published in Portuguese, English and Spanish in the last five years (2015-2020). It was found that the fermentation systems are carried out by a wet system via wet or dry system, in closed or open systems, with spontaneous or induced fermentation. Regardless of the type of coffee fermentation process, it is desired that chemical transformations give the coffee desirable sensory aspects and, consequently, increase its score, which leads to the product's appreciation in the market, being an alternative for social and economic sustainability of the producer.

KEYWORDS: Physical-chemical aspects; quality triple bottom line.

1 | INTRODUÇÃO

O termo “cafés especiais” é creditada a Erna Knutsen, fundadora da Knutsen Coffees, que o teria utilizado pela primeira vez em um discurso em uma conferência internacional de café, realizada na França, em 1978. O conceito era bem simples: cafés especiais seriam aqueles originados de microclimas geográficos especiais, que produziriam grãos com perfis sensoriais únicos/exclusivos e deveriam ser sempre bem produzidos, recém-torrados e bem preparados (RHINEHART, 2017). Entretanto, a Specialty Coffee Association (SCA) conceitua cafés especiais como grãos isentos de impurezas e defeitos que possuem atributos sensoriais diferenciados. (SCA, 2015). Além da qualidade intrínseca dos grãos, a Associação Brasileira de Cafés Especiais (BSCA), define que os cafés especiais devem ter rastreabilidade certificada e respeitar critérios de sustentabilidade ambiental, econômica e social em todas as etapas de produção (BSCA, 2020).

A procura por esses cafés de qualidade, surgiu, principalmente com a Segunda Onda de consumo do café, na qual o consumidor começou a exigir qualidade na bebida e o conhecimento da procedência dos grãos. Assim, a diferenciação dos cafés passou a levar em conta, além dos atributos físicos e sensoriais, fatores associados à agroecologia e ao manejo de produção dos grãos de café quanto ao local de plantio, sistema de cultivo e tipo de colheita. (GUIMARÃES, 2016; RODRIGUES, et al., 2020).

Essas mudanças comerciais e comportamentais a que são atribuídas a “segunda onda do café” enfatizam a necessidade de se conhecer processos de produção de cafés especiais associados ao desenvolvimento sustentável da atividade cafeeira. Sustentabilidade é essa que possui um conceito amplo e multidimensional e deriva do termo em latim *sustentare*, que significa sustentar, defender, favorecer, apoiar, conservar e/ou cuidar (SHLENNER, 2019).

Sendo assim, Silva e Quelhas (2006) apud Shlenner (2019), afirmam que a

sustentabilidade envolve três variáveis que se complementam entre si e compõe um sistema social, ambiental e econômico. No entanto, nesta pesquisa, trata-se de apresentar os processos fermentativos para produção de cafés especiais como uma opção para o desenvolvimento econômico sustentável da atividade cafeeira que seja capaz de garantir a qualidade de vida dos produtores e seus familiares.

No que se refere aos processos fermentativos, autores vêm destacando que, se bem conduzidos, podem produzir cafés com consequente maior valoração no mercado (RODRIGUES, et al., 2020). Os processos de fermentações que ocorrem nos frutos podem modificar os atributos sensoriais, atribuindo notas especiais de aroma, fragrância e acidez, bem como prejudicar a qualidade, quando não bem controlada (SILESTRE, et al., 2019).

Diante desse cenário, nota-se no meio acadêmico e no meio rural muitas possibilidades para se empregar o método de fermentação na pós-colheita do café. Assim, esse trabalho consiste em uma revisão bibliográfica com o objetivo de conhecer os processos de fermentação empregados para a produção de cafés especiais, assim como estudar a influência da fermentação sobre a qualidade dos grãos de cafés especiais e seu valor comercial de modo a compilar informações úteis para o desenvolvimento de práticas que favoreçam as sustentabilidades econômica e social da atividade cafeeira.

2 | PERCURSO METODOLÓGICO

Trata-se de um estudo qualitativo baseado em uma revisão de literatura sobre a fermentação de cafés especiais. As fontes foram baseadas em trabalhos acadêmicos (artigos científicos publicados em periódicos ou eventos, monografias, dissertações e teses). Foram empregados no Google e Google Acadêmico os seguintes descritores: cafés especiais and/or fermentação and/or cafeicultura and/or sustentabilidade and/or café arábica.

Os critérios de inclusão adotados foram trabalhos publicados em português, inglês e espanhol nos últimos cinco anos (2015-2020), que abordem os processos de fermentação empregados na cafeicultura, a influência da fermentação sobre os grãos de café, sua interferência na qualidade do café arábica e a agregação econômica em relação a essas técnicas ao produto final. Com relação aos critérios de exclusão, foram descartados trabalhos que não contemplavam os critérios de inclusão, revisões de literatura e metanálises.

Dos artigos encontrados foi feita a leitura de títulos e foram classificados aqueles que mostraram condizentes com a pesquisa; em caso de dúvida em relação a relevância do estudo foi realizada a leitura do resumo do texto. Em seguida, dos textos selecionados por Títulos, executou-se a leitura dos seus respectivos resumos e foram selecionados aqueles que representaram relevância para a atual pesquisa. Por fim, a leitura integral de 29 textos foi efetuada para a realização da revisão de literatura.

3 I PRODUÇÃO DE CAFÉS ESPECIAIS FERMENTADOS

A fermentação controlada do café é um processo que surgiu nos países da América Central e Centro-Sul, principalmente na Colômbia, devido à necessidade de mudar as características do café a fim de atingir novos mercados (QUINTERO, 2015). Por muito tempo viu-se o processo de fermentação apenas como uma ferramenta para a remoção da mucilagem do café (PEREIRA, 2017), entretanto, nos últimos anos tem-se olhado para os processos de fermentação também como uma agregadora de pontuação e aspectos sensoriais (PIRES, 2018). O estudo de Pereira, Franco Junior e Barbosa (2020) demonstrou aumento de 2 pontos na avaliação global do café natural. Na amostra controle (0 horas de fermentação) o café foi avaliado em 82 pontos enquanto a amostra submetida ao sistema de fermentação com grãos de café natural com controle da temperatura até 40°C por 24 horas alcançou 84 pontos. Adicionalmente, a fermentação por 12 (doze) horas foi responsável por incluir atributos de aroma e fragrância representados por notas cítricas, doces, frutificada, mamão e manga ao café em relação ao café não fermentado que apresentou atributos relacionados a chocolate, mel e caramelo.

Concomitante, Pimentel (2020) demonstra que a fermentação do café pode elevar sua nota global uma vez que a fermentação de café natural em recipiente aberto por período de 72 horas, resultou em café de 85,8 pontos enquanto a amostra testemunha apresentou nota global de 80,2 pontos. Nota-se assim, que uma fermentação desejada, quando bem controlada, gera benefícios à qualidade da bebida do café, podendo obter grãos de cafés especiais (RODRIGUES, et al., 2017).

Ainda, de forma a corroborar os estudos supracitados, Paising e Barbosa (2017) observaram em seu trabalho, utilizando os frutos de cafés descascados da variedade Catimor, uma relação entre o aumento da qualidade do café e o aumento do tempo de fermentação em relação a sua pontuação global, uma vez que os grãos fermentados por um período de 10 horas obtiveram 82,23 pontos e grãos fermentados por 14 horas alcançaram 82,71 pontos.

Desta forma, ainda há muito a ser explorado sobre os processos de fermentação controlada de café do que diz respeito ao tempo de fermentação, os controles deste processo e dos tipos de fermentação já estudados.

3.1 Métodos de fermentação utilizados na cafeicultura

A fermentação é uma técnica que depende da interação de diversos fatores que podem alterar a qualidade do café como umidade, temperatura, sistema, tempo de fermentação. (RODRIGUES, et al., 2020; ARAUJO, 2018). Para a escolha de um sistema de fermentação adequado deve-se levar em considerações estas variáveis que irão definir as vias metabólicas desencadeadas pelos microrganismos.

O sistema de fermentação de café pode ser seco ou úmido (QUINTERO, 2015), fechado ou aberto (RODRIGUES, et al., 2020), com fermentação espontânea ou induzida.

(PEREIRA, 2017).

A fermentação seca consiste na deposição dos frutos de café, de preferência no estágio cereja, sem adição de água em recipientes (ex.: bombonas), por período que pode variar de acordo com as características endoclimáticas da região, podendo se fazer por um período entre 12, 36 e 48 horas (ARAÚJO, 2018; QUINTERO, 2015). Entretanto, alguns estudos obtiveram resultados positivos com o uso de tempo de fermentação de 60, 72, 96, 108 e 144 horas (AMARAL, 2019; FILETE, et al., 2020).

A fermentação por sistema úmido baseia-se na adição de água em relação a quantidade da massa de café, geralmente, em uma proporção de 30% de água limpa para 70% de grãos de café cereja (RODRIGUES; ALMEIDA; DA CUNHA, 2020). Com esse método consegue-se maior homogeneidade no sistema em relação a fermentação via seca (QUINTERO, 2015). Dentro do período de fermentação, os grãos de café imersos no substrato absorvem os compostos resultantes da fermentação da mucilagem, e a temperatura e o sistema de fermentação modificam as características, intensidades e frequências dos sabores especiais e dos compostos químicos e voláteis presentes no café (RODRIGUES, et al., 2020).

Existem variações no processo de fermentação por via úmida que podem modificar a qualidade do café. O Wet Process/Washed (cereja despulpado) consiste na retirada da casca do café cereja com posterior secagem dos grãos até a umidade apropriada (PEREIRA, et al., 2019). Já o Fully Washed (cereja desmucilado) compõem-se na retirada, de forma mecânica ou química, da casca, polpa e mucilagem e utiliza fermentações espontâneas, a seco como também fermentações espontâneas com o uso de água para caracterizar o sistema de fermentação (ABREU, et al., 2018). Ainda, o Semidry (cereja descascado), também é denominado de pulped natural, pois passa por processos secos e úmidos. Baseia-se na lavagem e separação dos frutos verdes e maduros, os últimos são descascados e levados imediatamente para secagem ainda com a mucilagem aderida ao pergaminho, local em que ocorre fermentação aeróbica (PEREIRA, 2017).

Além do sistema de fermentação de café ser afetado pelo tipo de processamento ao qual o café é submetido, ele também pode ser determinado pela possibilidade ou não de reações com participação do oxigênio molecular. Assim, conforme a literatura, a fermentação do café em sistema aberto ocorre de forma aeróbica com predominância das fermentações láctica por *Lactobacillus spp.* e *Streptococcus spp.* e a alcóolica pelas leveduras, principalmente pela *Saccharomyces cerevisiae*. Já nos sistemas fechados podem ocorrer fermentações mistas (anaeróbicas e aeróbicas) pelo *Enterobacteriaceae* ou somente anaeróbicas (QUINTERO, 2015)

Ademais, a fermentação pode ocorrer de forma espontânea, quando a microbiota, leveduras e bactérias, oriundas dos próprios frutos e/ou do ambiente, irão consumir a mucilagem do café liberando compostos químicos e orgânicos que podem contribuir para a melhora na qualidade de bebida (ARAÚJO, 2018). Ou de forma induzida, em que há adição

de microrganismo, geralmente levedura, como a *Sacharomyces cerevisiae* (MOTA, et al., 2020) e bactérias lácteas (RODRIGUES, et al., 2020) chamadas de culturas de arranque ou culturas startes durante o processo de fermentação (FREITAS, et al., 2018).

Há também ensaios que possibilitam a inserção de produtos exógenos nos sistemas de fermentação, como o melaço de cana de açúcar, servindo de substrato à microbiota do sistema, favorecendo seu crescimento e atuação nos grãos de café durante o processo (AMARAL, 2019).

Assim, pode-se montar um sistema de fermentação modificando algumas das variáveis apresentadas de acordo com as características endoclimáticas, os aspectos sensoriais e de pontuação que o agricultor almeja. Sendo que a adição de culturas iniciadoras auxilia no controle do processo de fermentação, contribuindo para a formação de aromas favoráveis e desejáveis, aumentando a possibilidade de produção de cafés especiais (RIBEIRO, et al., 2017).

Dos trabalhos analisados, 31,03% continham experimentos utilizando grãos de café natural e 55, 17% usaram café cereja descascado para compor os sistemas de fermentação a ser avaliado. Ademais, 7 estudos demonstraram experimentos com a adição de água, 5 avaliaram a interferência do oxigênio na fermentação através de sistemas fechados e abertos, 10 empregaram culturas startes, seja leveduras ou bactérias, e 2 aplicaram produtos exógenos como melaço de cana, açúcar ou enzimas.

No entanto, um dos grandes impasses da fermentação diz respeito a repetibilidade do processo de fermentação, no qual o uso de um mesmo sistema de fermentação pode levar a resultados diferentes devido, por exemplo, a mudança constante da microbiota originária dos grãos de café e das variações endoclimáticas, como temperatura e umidade (SILVESTRE, et al., 2019).

3.2 Alterações químicas e qualidade de cafés especiais fermentados

A velocidade e os produtos gerados na fermentação do café dependem de fatores que interferem no metabolismo dos microrganismos, como a temperatura, o tipo de sistema de fermentação, o tempo do processo de fermentação, a acidez do substrato, da disponibilidade de oxigênio e da higiene. Durante a fermentação os microrganismos já presentes nos grãos de café cereja e/ou inoculados usam a polpa e a casca do café como substrato para sua manutenção, demonstrando capacidade de quebra do amido, celulase e pectina, transformando-os em metabolitos mais simples, como etanol, ácido cítrico, ácido láctico, que são potencializadores da qualidade do café (QUINTERO, 2015). Levando em consideração a variável tempo, o ganho de pontuação é decorrente da fermentação láctica e fosfórica, que ocorre, geralmente, no intervalo de 12 a 24 horas, na qual é benéfica ao café ao gerar diferenças no quesito acidez. Após a fermentação láctica ocorre a fermentação butírica, que deprecia a qualidade do café pela produção de ácido butírico (RODRIGUES, et al., 2020; ARAÚJO, 2018).

Há aumento evidente de ácido cítrico durante a fermentação e durante a torrefação é um dos principais metabolitos encontrados. Já o ácido láctico é encontrado em concentrações constantes em todo o processo de fermentação (FREITAS, et al., 2018). Na Região do Cerrado Mineiro, segundo ARAUJO, (2018), a principal característica alterada com o tempo de fermentação anaeróbica a seco foi a acidez, sendo que cafés fermentados por período de 12 horas apresentaram acidez láctica e cafés fermentados por 24 horas apresentaram acidez fosfórica. No processo de fermentação com o uso de água, OLIVEIRA, et al., (2019), diz que a análise sensorial sofre alterações em função da solução de imersão durante o processo de fermentação. Observou-se que a fermentação induzida por via úmida controlada com a adição de pectinas agrega atributos sensoriais aos grãos, obtendo a pontuação de 7,67 no atributo fragrância enquanto o controle alcançou 7,58 pontos, quando a solução de imersão chega ao valor de pH de 5,0.

No que diz respeito a fermentação induzida, a *Saccharomyces cerevisiae* têm demonstrando grande potencial para a produção de cafés especiais a partir de inoculação de culturas startes, uma vez que, são capazes de se adequar ao ambiente com os microrganismos preexistentes, contribuindo para o controle e padronização do processo de fermentação. (FREITAS, et al., 2018). De acordo com MOTA, et al., (2020) a população da levedura *Saccharomyces cerevisiae* sempre aumenta, em processos naturais e induzidos, atingindo concentrações de até 5,69 log CFU/g. Além disso, a inoculação de leveduras implica positivamente no aspecto sensorial do café, acentuando alguns atributos como aroma, fragrância e sabor (MATOS, 2017). Segundo BRESSANI, et al., (2018) a inoculação de *S. cerevisiae* e de *C. parapsilosis*, mostrou-se positiva para a percepção sensorial de café com odor floral, doce e caramelo.

Assim como as leveduras, as bactérias também são produtoras de enzimas que durante o processamento do café hidrolisam a polpa pectinosa ao redor dos grãos e desencadeiam alterações bioquímicas que conferem sabor aos grãos (LUDLOW, et al., 2016). A cepa de bactéria *Lactobacillus Plantarum* LPBR01 produz compostos voláteis, como acetato de etila e propionato de etila e ésteres ativos de sabor, que estão relacionados ao aroma frutado. Além disso, proporcionou o aumento da pontuação global de 80,3 (amostra controle) para 88,3 pontos. Ademais o tratamento com inoculação da bactéria recebeu pontuação mais elevada em atributos como aroma, sabor, acidez, corpo, equilíbrio, gosto residual e qualidade geral. (PEREIRA, et al., 2016).

Em regiões com menores altitudes o uso de leveduras para a fermentação de café tem-se mostrado uma técnica promissora para melhoria e ganhos qualitativos, enquanto em zonas com maiores altitudes e temperaturas mais baixas a própria microbiota preexistente no fruto pode gerar atributos mais especiais ao café. (PEREIRA, 2017).

O fator tempo de fermentação interfere diretamente na avaliação sensorial do café. AMARAL (2019) observou que pode haver um aumento de mais de 2,5 pontos em cafés submetidos a mais de 60 horas de fermentação. Assim como FILETTE, et al., (2020)

obtiveram um aumento da qualidade global com o aumento do tempo de fermentação em sistemas de fermentação com adição de bactérias lácteas (fermento lácteo probiótico BioRich), tendo uma pontuação de 81,6 pontos em 36 horas; 82 pontos em 72 horas; 83 pontos em 96 horas; e 84,5 pontos em 144 horas. Além de também ter influenciado positivamente amostras com adição da levedura *Sacharomyces cerevisiae*, em que se obteve pontuação de 81,8 em 36 horas de fermentação; 83,3 pontos em 72 horas; 84,4 pontos em 96 horas e 86,5 em 144 horas, resultando em acréscimo da pontuação entre 1,6 a 6,3 na qualidade global em relação a amostras de café natural. Aliado a isto, RIBEIRO, et al., (2017), relatam que a alteração sensorial por meio de fermentações induzidas com leveduras também é influenciada pela cultivar de café estudada, tendo variações no resultado em função da escolha da mesma. Os cultivares Topázio, Bourbon Amarelo e Catucaí Amarelo mostraram-se com melhor potencial de perfil quanto a fragrância/aroma, enquanto o grupo cultivares Mundo Novo apresentam melhores perfis quanto ao sabor (RIBEIRO, 2019). O genótipo Bourbon Amarelo cultivado acima de 1.200m de altitude, independentemente da exposição ou tipo de declive, apresentou tendências para teores mais elevados de sacarose e trigonelina e o maior potencial para a expressão de bebida de café qualidade sensorial, com pontuação final de aproximadamente 90 pontos (RIBEIRO, et al., 2016). O Quadro 1 reúne três estudos conduzidos em altitudes semelhantes (entre 1093 e 1200 m) com sistemas de fermentação a seco, com água, e com água e adição de substância exógena, utilizando tempo de fermentações diferentes exemplificar a agregação de pontuação e de atributos sensoriais nos cafés fermentados.

Autores	Variedade	Sistema	T	Nota	Avaliação sensorial (sabor)
RODRIGUES, et al, 2020.	Catuai 2SL	Aeróbico com adição de água	0h	81,00	Não consta
			12h	82, 13	
			24h	82,13	
ARAÚJO, 2018.	Não consta	Anaeróbica por via seca	0h	84,13	Frutas tropicais, frutas amarelas, açúcar caramelizado, castanhas e amêndoas, especiarias e notas adocicadas.
			12h	84,54	Frutas vermelhas, açúcar caramelizado, especiarias, resinosos (cedro, amora preta), notas adocicadas, notas lácteas
			24h	84,67	Frutas amarelas, frutas vermelhas, frutas cítricas, açúcar caramelizado, baunilha, notas adocicadas e notas lácteas
			36h	84, 87	Frutas vermelhas, frutas amarelas, açúcar caramelizado, especiarias, cereais, notas adocicadas e notas lácteas

AMARAL, 2019	Catuaí vermelho	Natural, anaeróbico por com adição de água e de melaço de cana	0h	84,22	notas de caramelo, chocolate, crítico e frutas cítricas como laranja e limão
			36h	84,72	notas de frutado, frutas vermelhas, frutas amarelas, mel e melado
			60h	87,02	notas de frutado, frutas amarelas, melado, rapadura, mel, nuts e frutas cítricas
			84h	85,61	notas de frutas amarelas, mel, melado, alcoólico, floral
			108h	87,00	notas de frutado, mel, melado, açúcar mascavo, frutas amarelas e vermelhas
			12h	82,13	
			24h	82,13	

Quadro 1: Pontuação e atributos sensoriais agregados com diferentes sistemas de fermentação e de tempo (T).

Fonte: Dados do autor

Nas fermentações por via úmida, predomina o perfil de xícara suave, com notas de chocolate e caramelo (QUINTERO, 2015), enquanto nas fermentações por via seca alcançam características sensoriais tais como frutadas, alcoólicas e diferentes tipos de acidez em grãos que antes eram descritos com perfil sensorial de chocolate, castanhas, amêndoas, nozes, corpo cremoso e acidez cítrica (ARAUJO, 2018). Os sistemas abertos favorecem notas frutadas, achocolatadas e doces, enquanto os sistemas abertos produzem sabores frutados, doces, avelã, baunilha e também florais e terrosos (QUINTERO, 2015).

Em estudo conduzido por Araújo (2018), utilizando fermentação a seco, atribuiu-se a um café com perfil sensorial de chocolate, castanhas, amêndoas, nozes, corpo cremoso e acidez cítrica, a partir de fermentação anaeróbica a seco, características como frutas diversas, alcoólico e outros tipos de acidez orgânica. Demonstrando a possibilidade de alterar as características sensoriais de um determinado terroir de uma região, mesmo que não ocorra alteração no quesito pontuação. Em fermentação com a inoculação com a levedura *S. cerevisiae* agregou-se características sensoriais como notas de banana e caju (BRESSANI, et al., 2018).

3.3 Sustentabilidade econômica e social na produção de cafés especiais fermentados

A sustentabilidade da atividade cafeeira, assim como nas demais atividades produtivas, está contida nos contextos ambiental, social e econômico. De acordo com Shlenner (2019), o conceito de desenvolvimento sustentável implica em admitir o chamado Tripé da Sustentabilidade (Triple Bottom Line). Nele, admite-se que o desenvolvimento sustentável é caracterizado pela interseção entre o progresso social, o crescimento econômico e a preservação ambiental. Entretanto, entende-se que o desenvolvimento

social atrelado ao econômico contribui para que se tenham atividades sustentáveis.

Neste sentido, cabe uma reflexão e um entendimento de como a adoção de processos fermentativos na produção de café especiais podem contribuir para esse tripé, de forma dual, no que diz respeito ao desenvolvimento econômico e social.

De acordo com SEBRAE (2017), a sustentabilidade econômica é aquela que se relaciona com o lucro de modo a permanecer no mercado. O que traduzindo para o meio rural, pode ser entendido como um modo de produção que gere lucro de modo a não desistência de se trabalhar com determinada cultura.

Conforme os mesmos autores, a sustentabilidade econômica traz algumas vantagens, dentre elas: a maior economia financeira a médio e longo prazo, o maior desenvolvimento econômico e a garantia de uma vida melhor para as futuras gerações.

As vantagens supracitadas podem ser compreendidas como possíveis consequências do processamento do café, via fermentação, quando se ressalta que com o emprego da tecnologia da fermentação controlada do café pode-se produzir bebidas com aromas e sabores especiais, na quais agregam valor e consistências a qualidade final do produto (QUINTERO, 2015). Assim, produtores que se localizam em áreas limitadas para a exploração que cafés de com características complexas, e mesmo produtores que se localizam em regiões com terroir adequado para a exploração de cafés especiais, podem utilizar dessa técnica para diversificar a oferta de cafés com diferentes perfis sensoriais e atender à crescente demanda de mercado, e consequentemente, garantir maior retorno ao produtor mediante a agregação de valor ao produto (ARAÚJO, 2018).

OLIVEIRA, et al. (2019), ainda afirmam que a fermentação induzida controlada de café se mostra vantajosa para o produtor pois, amostras que passaram por esse processo tiveram classificação sensorial alterada de “bebida dura” para “especial”. Desta forma, abre-se a oportunidade de um café originalmente com potencial de comercialização via commodities passar a ser introduzido no mercado de cafés especiais tendo o produtor maiores vantagens econômicas.

Sabe-se que muitas vezes, são necessárias adequações nos tratamentos culturais, na infraestrutura de processamento pós-colheita e armazenamento dos grãos de café, gerando custos ao produtor. Entretanto, o valor pago pelo café especial pode ser 64% maior que o valor pago no preparo convencional, resultando viabilização da propriedade para tal fim (GONÇALVES, 2018). De acordo com Brandão (2015), há uma diferença de 11 a 20 % no custo de produção dos cafés especiais em relação ao comum, contudo, o diferencial de preço pode variar entre 20 a 40%, podendo chegar a 100% em alguns lotes de café.

Assim, o atual cenário da cafeicultura revela cada vez mais uma tendência para a produção de cafés de alta qualidade, sendo uma alternativa para o produtor agregar valor ao seu produto e aumentar sua rentabilidade (RODRIGUES, et al., 2020) uma vez que nicho de cafés especiais tem um mercado específico que paga grande valor agregado nesse tipo de café (ARAÚJO, 2018).

Ainda, sobre as vantagens atribuídas a sustentabilidade econômica, ressalta-se a própria sustentabilidade social. Por se tratar de uma relação socio-econômica, entende-se que as vantagens econômicas podem interferir positivamente nas relações sociais e vice e versa. Segundo Shlenner (2019), a sustentabilidade social significa a promoção de uma sociedade com maior equidade na distribuição de renda, garantindo direitos e condições de uma vida digna. Assim, ao se produzir cafés especiais fermentados, cujo valor comercial supera ao do café produzido de forma tradicional, promove-se a melhoria da qualidade de vida do produtor e de seus familiares, nos âmbitos destacados. Corroborando a esse fato, De Lima Junior (2017), observou, durante estudo de avaliação da sustentabilidade de propriedades produtoras de café especiais utilizando a ferramenta “Indicadores de Sustentabilidade em Agrossistemas (ISA)”, que a produção de cafés especiais e sua consequente atribuição de valor possibilitou o maior acesso à educação. O mesmo autor defende ainda que quanto maior o nível de instrução escolar, mais facilidade na implementação de técnicas de gestão do empreendimento como a contabilidade, fluxo de caixa, custo de produção, assistência técnica, participação em entidades de classe, utilização de créditos para gerenciamento da propriedade e conformidade com a legislação ambiental, favorecendo, por consequência, o *Triple Bottom Line*, a prerrogativa principal da sustentabilidade.

4 | CONCLUSÃO

A fermentação de café nos últimos vem se mostrando como uma ferramenta a ser utilizada pelos produtores para atribuir pontuação, agregar e/ou modificar aspectos sensoriais de seu produto, com consequente valorização de mercado.

O processo de fermentação dos frutos de café é intrínseco ao fruto após sua retirada da planta, uma vez que existem condições favoráveis para o crescimento da microbiota preexistente.

Esta fermentação pode ser benéfica quando se produz metabolitos que agregam atributos sensoriais desejáveis, mas também, quando não controlada, pode levar ao detrimento do produto. Assim, a fermentação é um processo que depende de fatores que interferem no metabolismo dos microrganismos, como a temperatura, o tipo de sistema de fermentação, o tempo do processo de fermentação, a acidez do substrato, da disponibilidade de oxigênio e da higiene.

Com isso, o produtor deve avaliar quais as características desejam agregar ou alterar ao café e escolher o melhor sistema de fermentação para o seu objetivo. Um sistema de fermentação pode ser seco ou úmido, aberto ou fechado, com fermentação espontânea ou induzida.

FINANCIAMENTO E AGRADECIMENTOS

Essa pesquisa foi financiada pela FAPEMIG e pelo CNPq e o APC foi financiado pelo Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

ABREU, G. F.; DA RODA, S. D., V. F.; MALTA, M. R. et al. Antioxidant enzymes preserving coffee quality in refrigerate environment. **Biotechnologia Vegetal**, v.18, n..3, p.151-159, 2018.

AMARAL, A. E. S. **Avaliação sensorial de café fermentado com melaço de cana de açúcar**. 34 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

ARAUJO, G. A. F. **Novos processos de fermentação para potencializar o perfil sensorial dos cafés obtidos no município de Coromandel, MG**. 33 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Cafeicultura) - Centro Universitário do Cerrado Patrocínio, Patrocínio, MG, 2018.

BRANDÃO, R. P. Café com qualidade – Uma opção do cafeicultor. **Revista Campos e Negócios Online**, 2015. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/cafe-com-qualidade-uma-opcao-do-cafeicultor/>>. Acesso em: 20 Apr. 2021.

BRESSANI, A. P. P.; MARTINEZ, S. J.; ENVAGELISTA, S. R. et al. Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. **Food Science and Technology**, v. 92, p. 212-219, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAFÉS ESPECIAIS. O que é Café especial? 2018. Disponível em: <<https://brazilcoffeenation.com.br/a-bsca>>. Acesso em: 05 Jul. 2021.

DE LIMA JUNIOR, S. **Sustentabilidade em propriedades familiares produtoras de café especial da região nordeste paulista por meio do método isa**. 2017. 102 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Extensão) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.

FREITAS, V. V. **Avaliação da fermentação do café arábica com uso de culturas starters**. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2018.

FILETE, C. A.; DE SOUZA, L. H. B. P.; GUARÇONI, R. C. et al. Fermentação anaeróbica no café arábica e seu impacto no perfil sensorial. **Revista Ifes Ciência**, v. 6, n. 3, p. 112-123, 2020.

GONÇALVES, M. D. B. **Produção e consumo de café: uma análise do custo de oportunidade de produção de cafés especiais e convencionais**. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agroneócio), Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, 2018

GUIMARÃES, E. R. **Terceira Onda do Café: Base Conceitual e Aplicações**. 135 p. Dissertação (Mestrado em Gestão de Negócios, Economia e Mercados) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2016.

LUDLOW, C. L.; CROMIE, G. A.; GARMENDIA-TORRES, C. et al. Independent origins of yeast associated with coffee and cacao fermentation. **Current Biology**, v. 26, n. 7, p. 965-971, Apr. 2016.

MATOS, J. F. **Efeitos da levedura na qualidade de bebida do café – uma análise em propriedade da região do cerrado mineiro**. 24 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Cafeicultura) - Centro Universitário do Cerrado Patrocínio, Patrocínio MG, 2017.

MOTA, M. C. B.; BATISTA, N. N.; RABELO, M. H. S. et al. Influence of fermentation conditions on the sensorial quality of coffee inoculated with yeast. **Food Research International**, v. 135, Oct. 2020.

OLIVEIRA, A. P. R.; OLIVEIRA, G. H.; SOUZA, B. S. et al. Efeito da fermentação enzimática induzida sobre as propriedades químicas e sensoriais do café. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL. Vitória. **Anais eletrônicos...** Espírito Santo: Vitória, 2019.

PAISIG, P. M. D.; BARBOZA, J. L. J. **Efecto del tiempo de fermentado, tipos de secado y dos tipos de riego en la calidad de café (coffea arabica l.) var. catimor, en nivel altitudinal bajo, en el centro poblado las naranjas, provincia de jaen, region cajamarc**. 103 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Peru, 2017.

PEREIRA, G. V. M.; CARVALHO NETO, D. P.; MEDEIROS, A. B. P. et al. Potential of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing. **International Journal of Food Science and Technology**, v.51, n 7, p. 1689-1695, 2016

PEREIRA, L.L.; MORELI, A. P.; BRIOSCHI JÚNIOR, D. et al. **Protocolo de usos e aplicações para fermentação espontânea com método Washed ou despulpado**. Herval d'Oeste: Editora Ad Verbum, 2019. 24p.

PEREIRA, L. L.; **Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida**. 199 p. Tese (Doutorado em Engenharia em Sistemas de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017.

PEREIRA, L. F. B.; FRANCO JUNIOR, K. S.; BARBOSA, C. K. R. The influence of natural fermentation on coffee drink quality. **Coffee Science**, v. 15, p. e151673, 2020.

PIRES, E. R. **Efeito da fermentação dos grãos em pós-colheita na qualidade da bebida do café**. 2018. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário do Cerrado, Patrocínio, MG, 2018.

PIMENTEL, C.V. **Grãos de café submetidos a diferentes tempos de fermentação a seco e sob água**. 2020. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário Sul de Minas, Varginha, MG, 2020.

QUINTERO, G. I. P.; MOLINA, J. G. E. Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. Cenicafé – **Avances técnicos nº454**, Minizales, 2015.

RIBEIRO, B. B. Avaliação sensorial de cultivares de café arábica em diferentes processamentos na mesorregião do campo das vertentes de minas gerais. 2018, 48 f. **Tese** (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

RIBEIRO, D. E.; BOREM, F. M.; CIRILLO, M. A. et al. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, Ebene, v. 11, n. 27, p. 2412-2422, 2016.

RIBEIRO, L.S.; RIBEIRO, D. E.; EVANGELISTA, S. R. et al. Controlled fermentation of semi-dry coffee (Coffea arabica) using starter cultures: A sensory perspective. **Food Science and Technology**, v. 82, p. 32-38, 2017.

RHINEHART, R. What is specialty coffee. **Specialty Coffee Association**, 2017. Disponível em: <<https://www.scaa.org/?page=RicArtp2>>. Acesso em: 26 ago. 2020

RODRIGUES, G. Z.; ALMEIDA, G. R. R.; DA CUNHA, L. T. Desenvolvimento e validação da fermentação controlada de frutos do café no pós-colheita em diferentes tempos. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas** v. 2 n. 1, 2020.

RODRIGUES, G. Z.; PETRIM, I.C.; CARVALHO, J.W.M. et al. Avaliação do processo de fermentação controlada do café em diferentes condições de tempo, temperatura e umidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRAS, 43., 2017, Poços de Caldas. **Anais eletrônicos...** Minas gerais: Poços de Caldas, MG, 2017 p. 434.

RODRIGUES, S. D; COELHO, V.S.; FREITAS, V.V. et al. Sensory Q-Grader evaluation of fermented arábica coffees by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and lactic bacteria (*Pediococcus acidilactici*) cultures. **Coffee Science**, v. 15, p. p. e151690, 2020.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION. **Cupping Specialty Coffee**. SCA Protocols, , 2015. 10 p.

SCHLENNER, S. S. SUSTENTABILIDADE SOCIAL: MODISMO OU NECESSIDADE. 2019. 26f. **Monografia** (Especialista em Gestão de Tecnologia da Informação e Comunicação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2019.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Sustentabilidade econômica: como sua empresa pode ser mais lucrativa com a sustentabilidade**. Cuiabá, MT, 2017. 55 p.

SILVESTRE, J. P. M.; OLIVEIRA, J. C. D.; VOLTOLINI, G. B. et al. **Técnicas de fermentação aeróbica na modificação do perfil sensorial de frutos de café, com diferentes processamentos**, 2019.

EFEITO CLONAL SOBRE O ENRAIZAMENTO DE ESTACAS DE MURUCIZEIRO

Data de aceite: 01/06/2022

Walnice Maria Oliveira do Nascimento

Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental

Jennifer Carolina Oliveira da Silva

Estudante de Engº Agrônômica da UFRA

RESUMO: A propagação do murucizeiro por estaquia de ramo ainda não é um método consolidado e, para viabilizar o processo de enraizamento, usam-se estacas com folhas em viveiro com sistema de nebulização intermitente para que não haja desidratação das estacas e folhas. O trabalho teve como objetivo verificar o efeito de diferentes clones e concentrações do ácido indolbutírico sobre o enraizamento em estacas semilenhosas de murucizeiro. Foram usadas estacas de ramos com 20 cm de comprimento, as quais foram imersas durante 24 horas em diferentes concentrações de AIB. Os tratamentos testados foram à combinação de três clones de murucizeiro (Açu, Igarapé-Açu e São José) e cinco concentrações de ácido indolbutírico (0, 500 mg.L⁻¹, 1000 mg.L⁻¹, 1500 mg.L⁻¹ e 2000 mg.L⁻¹), com quatro repetições de 15 estacas por parcela, totalizando 900 estacas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial de dois fatores. Aos 30, 60, 90 e 120 dias em viveiro, foram realizadas as seguintes avaliações: porcentagem de estacas com folhas, sem folhas, brotadas e estacas com raízes aos 120 dias. Com os resultados obtidos não foi possível detectar diferença significativa entre os

clones de murucizeiro e as concentrações de AIB utilizadas no experimento. Os clones Açu e Igarapé-Açu apresentam melhor desempenho, sem uso de ácido indolbutírico. Com as médias obtidas, conclui-se que não há efeito clonal para o enraizamento de estacas de *B. crassifolia*.

PALAVRAS-CHAVE: Brotação, calos, propagação, ramos.

ABSTRACT: The propagation of *Byrsonima crassifolia* by branch cuttings is not yet a consolidated method and, to make the rooting process viable, cuttings with leaves are used in a nursery with an intermittent mist system so that there is no dehydration of cuttings and leaves. The objective of this work was to verify the effect of different clones and concentrations of indolebutyric acid on rooting in semi-hardwood cuttings of murucizeiro. Cuttings of 20 cm long branches were used, which were immersed for 24 hours in different concentrations of IBA. The treatments tested were a combination of three murucizeiro clones (Açu, Igarapé-Açu and São José) and five concentrations of indolebutyric acid (0, 500 mg.L⁻¹, 1000 mg.L⁻¹, 1500 mg.L⁻¹ and 2000 mg.L⁻¹), with four replications of 15 cuttings per plot, totaling 900 cuttings. The experiment was carried out in a completely randomized design, in a two-factor factorial scheme. At 30, 60, 90 and 120 days in the nursery, the following evaluations were performed: percentage of cuttings with leaves, without leaves, sprouted and cuttings with roots at 120 days. With the results obtained, it was not possible to detect a significant difference between the murucizeiro clones and the IBA concentrations used in the

experiment. The Açú and Igarapé-Açú clones present better performance, without the use of indolebutyric acid. With the averages obtained, it is concluded that there is no clonal effect for the rooting of *B. crassifolia* cuttings.

KEYWORDS: Sprouting, calluses, propagation, branches.

INTRODUÇÃO

O murucizeiro [*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.] pertence à família Malpighiaceae é nativo da Amazônia brasileira, mas apresenta ampla distribuição no território brasileiro, de forma espontânea, com maior frequência e abundância nas regiões Norte e Nordeste. Seu cultivo representa uma forma de ampliação da base produtiva das espécies frutíferas nativas, fundamental para as agroindústrias, cuja competitividade depende em grande parte da diversidade de produtos que colocam no mercado. Entretanto, para que essa espécie seja cultivada em larga escala, necessita da disponibilização de variedades mais produtivas e de eficiente método de propagação. Ao contrário da maioria das espécies frutíferas amazônicas, a propagação do murucizeiro por via assexuada não tem por objetivo a redução da fase jovem da planta, haja vista que o murucizeiro é uma espécie que apresenta característica de precocidade bastante pronunciada. Plantas oriundas de sementes, desde que manejadas adequadamente, começam a produzir os primeiros frutos dez a doze meses após o plantio no local definitivo. A propagação assexuada das espécies frutíferas de modo geral visa, fundamentalmente, assegurar a reprodução integral de genótipos que apresentem características desejáveis (NASCIMENTO; CARVALHO, 2016). Para plantas de murucizeiro, a propagação assexuada por meio de estaquia de ramos, ainda não é um método consolidado. Para tanto, são necessárias pesquisas visando identificar diferentes tipos de estacas, épocas de coleta e concentrações de auxinas.

Para viabilizar o processo de enraizamento, são utilizadas estacas terminais com folhas. Estudos com estacas de *B. crassifolia* desenvolvidos por Duarte et al. (2003), usando duas concentrações de AIB, e quatro períodos de coleta das estacas obtiveram os seguintes resultados em estacas retiradas no outono, 68,9% e 56,1% de enraizamento nas concentrações de 1000 e 3000 ppm, respectivamente. Nascimento e Rodrigues-Júnior (2014) avaliaram a propagação assexuada de clones de murucizeiro por meio de estacas semilenhosas e concluíram que as estacas do clone Maracanã-2 apresentam melhor desempenho para a formação de raízes, na concentração de 500 mg.L⁻¹ de AIB. O uso de estacas lenhosas, mesmo com elevadas concentrações de AIB por imersão rápida, não proporcionou o enraizamento de estacas de *B. crassifolia* (PERALTA et al., 2017). Portanto, o trabalho teve como objetivo verificar o efeito em três diferentes clones e cinco concentrações do ácido indolbutírico sobre o enraizamento em estacas de *Byrsonima crassifolia*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Frutíferas da Embrapa Amazônia Oriental. Os tratamentos testados foram à combinação de três clones de murucizeiro (Açu, Igarapé-Açu e São José) e cinco concentrações de ácido indolbutírico (0, 500 mg.L⁻¹, 1000 mg.L⁻¹, 1500 mg.L⁻¹ e 2000 mg.L⁻¹). Foram utilizadas estacas terminais semilenhosas, com comprimento em torno de 20 cm, retiradas da planta-mãe no mês de outubro de 2016, logo após o período de frutificação. As estacas foram emersas nas soluções de ácido indolbutírico durante 24 horas. Logo após o período da imersão foram colocadas em tubetes de polietileno com capacidade para 280 cm³, contendo como substrato a mistura de areia com serragem, na proporção volumétrica de 1:1. O substrato foi previamente esterilizado em água fervente durante duas horas. O experimento foi conduzido em viveiro com sistema de nebulização intermitente, em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial de dois fatores: sendo 3 (clones de murucizeiro) x 5 (concentrações de ácido indolbutírico). Cada parcela foi constituída por 15 estacas, totalizando 900 estacas. Aos 30, 60, 90 e 120 dias em viveiro, foram realizadas as seguintes avaliações: porcentagem de estacas com folhas, sem folhas e com brotação, e aos 120 dias a porcentagem de estacas com raízes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve interação significativa entre os clones de murucizeiro e as concentrações de AIB utilizadas no experimento. Com relação à porcentagem de estacas brotadas verificou-se queda acentuada, sendo mais significativa aos 120 dias (Figura 1). As brotações nas estacas provavelmente ocorreram devido às reservas nutricionais existentes nas mesmas, que estimularam a brotação das gemas, nos primeiros 60 dias após o estaqueamento.

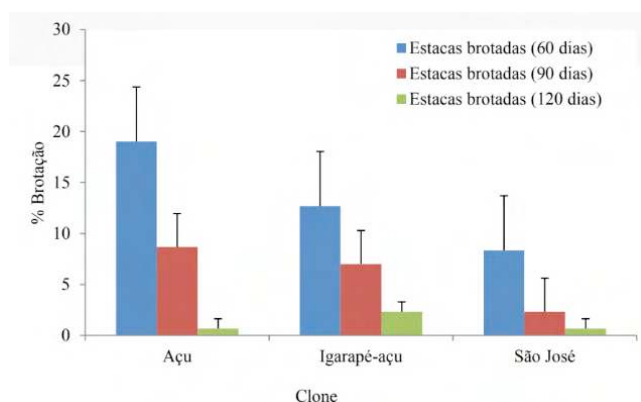


Figura 1. Porcentagem de estacas brotadas em três clones de murucizeiro, em três períodos de avaliação.

Não houve diferença significativa entre clones para a formação de raízes. Entretanto, as médias foram mais pronunciadas no tratamento sem uso do AIB, para os clones Açú e Igarapé-Açú com, 15% e 12,5% de estacas com raízes, respectivamente (Tabela 1). Esses resultados são semelhantes ao encontrado por Nascimento e Rodrigues-Júnior (2014) no clone Maracanã-2, com 11,25% estacas com raízes. Contudo, nos tratamentos com as maiores concentrações de AIB de 1500 e 2000 mgL⁻¹, o enraizamento foi nulo, para os clones Açú e São José. Contudo, esses resultados são contraditórios, com o que se observa na adição de auxinas sintéticas, para a promoção do enraizamento, talvez tenha ocorrido algum tipo de interferência, o que resultou na não expressão do efeito do uso do fitorregulador AIB. Provavelmente a condição fisiológica das estacas e a época do ano que foi feito a retirada. Resultados semelhantes, relacionados a diferentes épocas de retirada da estaca foram encontrados por Duarte et al. (2003).

Concentrações de AIB	Clone		
	Açú	Igarapé-Açú	São José
0	15,00 Aa	12,50 Aa	2,50 Aa
500 mg.L ⁻¹	5,00 Aab	5,00 Aab	2,50 Aab
1000 mg.L ⁻¹	2,50 Ab	5,00 Ab	0,00 Ab
1500 mg.L ⁻¹	0,00 Ab	2,50 Ab	0,00 Ab
2000 mg.L ⁻¹	0,00 Ab	2,50 Ab	0,00 Ab

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

Tabela 1. Porcentagem de estacas enraizadas, em três clones de murucizeiro, 120 dias após o início do experimento.

CONCLUSÃO

Com as médias obtidas no experimento, conclui-se que não há efeito clonal para o enraizamento de estacas de *Byrsonima crassifolia*.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, a Embrapa Amazônia Oriental e ao projeto melhorFRUTA (02.14.01.023.00.00. pela oportunidade de realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

DUARTE, O.; ESCOBAR, O.; SORIANO, L. Propagación del nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) H.B.K.) por estacas terminales con hojas y estacas lenhosas. **Proc. Interamar. Soc. Trop. Hort.** Honduras. n.47, n. p.167-169. 2003.

NASCIMENTO, W.M.O. do; RODRIGUES-JÚNIOR, O.M. Regeneração de estacas em diferentes clones de murucizeiro com ácido indolbutírico. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 4., UFRA: Belém, 2014.

NASCIMENTO, W.M.O. do; CARVALHO, J.E.U. de. **Propagação do murucizeiro**. In: GURGEL, F. de L. O murucizeiro [*Byrsonima crassifolia* (L) H.B.K.]: avanços no conhecimento e ações e pré-melhoramento. Brasília, DF: Embrapa. 2016. p.9-25.

PERALTA, M. de los A.M.; SANTOS, G.G. de los; NAVA, J.R.G.; GARCIA, A.R.R. Propagación vegetativa de nanche *Malpighia mexicana* y *Byrsonima crassifolia*. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**. México. v.18, n.3, p.611-619, 2017.

DINÂMICA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM FUNÇÃO DA ADEQUAÇÃO DO CONJUNTO TRATOR-PLANTADORA DE CANA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 21/04/2022

Victor Augusto da Costa Escarela

Engenheiro Agrônomo, Mestrando em
Universidade Federal de Jataí - UFJ
Jataí – Goiás

<http://lattes.cnpq.br/7512729042414352>

Rodrigo Silva Alves

Engenheiro Agrônomo, Mestrando em
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - UNESP
Ilha Solteira, São Paulo

<http://lattes.cnpq.br/8537823221681736>

Thiago Orlando Costa Barboza

Engenheiro Agrônomo, Mestrando em
Universidade Federal de Lavras - UFLA
Lavras, Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/7295109791233637>

José Augusto Neto da Silva Lima

Universidade Federal do Triângulo Mineiro -
UFTM

Iturama, Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/9836188205739151>

Carlos Alessandro Chioderoli

Engenheiro Agrônomo, professor Doutor em
Mecanização Agrícola, Universidade Federal do
Triângulo Mineiro - UFTM

Iturama, Minas Gerais

<http://lattes.cnpq.br/0616781392067509>

RESUMO: O estudo dos atributos físicos do solo tem sido usado como parâmetros para caracterizar o processo de compactação. O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento dos atributos físicos do solo em função da adequação, velocidade e do período de plantio do conjunto trator-plantadora de cana picada. O experimento foi conduzido em uma área cedida pela Fazenda Três Irmãos, Iturama, Minas Gerais. Avaliaram-se a macroporosidade, microporosidade nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40m. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, arranjo fatorial 2x3x2, sendo duas cargas de lastragens (C1- 14.025kg e C2- 16.575 kg), três velocidades correspondendo a mínima, média e máxima ($V_1 - 3 \text{ km h}^{-1}$, $V_2 - 4,5 \text{ km h}^{-1}$ e $V_3 - 6 \text{ km h}^{-1}$) e dois períodos (P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio) com quatro repetições para cada tratamento. As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR®. Constatou-se que a velocidade V_3 alterou os atributos físicos do solo, reduzindo a macroporosidade e microporosidade do solo. Já o período P2 promoveu uma redução da microporosidade.

PALAVRAS-CHAVE: Velocidade Operacional, *Saccharum officinarum*, Compactação.

DYNAMICA OF THE SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN THE FUNCTION OF THE ADEQUACY OF THE TRACTOR-PLANTER SET OF SUGAR CANE

ABSTRACT: The study of soil physical attributes has been used as parameters to characterize the

process of compaction. The objective of this study was to evaluate the soil physical attributes behavior as a function of the adequacy, speed and the planting period of the tractor-planter of cut sugar cane. The experiment was conducted in an area provided by Fazenda Três Irmãos, Iturama, Minas Gerais. Macroporosity, microporosity at depths of 0-0.20 and 0.20-0.40m were evaluated. The experimental delimitation was a randomized blocks, factorial arrangement 2x3x2, being two loads (C1- 14.025kg and C2- 16.575 kg), three speeds corresponding to minimum, medium and maximum (V1 -3 km h⁻¹, V2-4 , 5km h⁻¹ and V3-6kmh⁻¹) and two periods (P1 - before planting and P2 - after planting) with four replications for each treatment. The averages were compared using the Tukey Test at 5% of probability, using the statistical software SISVAR®. It was verified that the velocity V3 altered the physicals attributes of the soil, reducing the macroporosity and microporosity of the soil. Yet the period P2 promoted a reduction of microporosity.

KEYWORDS: Operating speed, *Saccharum officinarum*, Compaction.

1 | INTRODUÇÃO

O cultivo intensivo do solo e seu preparo em condições inadequadas prejudica o crescimento das culturas. O uso de máquinas e equipamentos agrícolas tem facilitado às operações em campo, contribuindo para o aumento dos rendimentos em longo prazo e redução dos custos de produção. Porém, quando realizada de forma excessiva ou de forma não planejada, pode promover alterações nas propriedades físicas do solo, causando problemas de compactação. O intenso processo de preparo do solo para o cultivo de cana-de-açúcar e a utilização constante de cultivadores em condições não ideais de umidade do solo alteram suas propriedades físicas, refletindo em alterações na estrutura do solo, principalmente da camada superficial (CERRI et al., 1991). Os atributos físicos do solo têm sido usados como parâmetros para caracterizar o processo de compactação, destacando-se entre elas a macroporosidade e microporosidade. Estes atributos são afetados pelo tráfego de máquinas agrícolas promovendo excessiva pressão sobre o solo (VISCHI FILHO et al., 2015). A microporosidade do solo é responsável pela capacidade de retenção de água e solutos no solo (HILLEL, 1998), enquanto que, a macroporosidade é importante para diagnóstico da compactação do solo, em que a principal redução de volume de poros do solo ocorre na fração da porosidade total (SCHJONNING; LAMANDÉ, 2010). A aplicação de cargas dinâmicas por rodados e implementos agrícolas no solo produz tensões na interface solo/pneu e solo/implemento em superfície e profundidade (FIORESE et al., 2015). Essas tensões compactam as diferentes camadas do solo (HORN; LEBERT, 1994), proporcionando mudanças nas propriedades físicas das camadas mais profundas (HORN, 1994). A velocidade de deslocamento dos tratores durante as operações agrícolas também é apontada como um fator que influencia na modificação das propriedades físicas do solo (FEITOSA et al., 2015). Objetivou-se com este trabalho avaliar a dinâmica dos atributos físicos do solo em função de duas cargas, três velocidades operacionais do conjunto trator-

plantadora e período de amostragem.

2 | METODOLOGIA

O experimento foi realizado na fazenda que possui área total de 500 ha situada a 506 m de latitude, nas coordenadas geográficas: latitude 19°31'47" latitude Sul e 50°20'2" longitude Oeste. O solo da área é classificado como Argiloso Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2013). Como fonte de potência foi utilizado trator Massey Ferguson 7725, 4x2 TDA (com tração dianteira auxiliar), peso total de 14.025kg, potência no motor de 186 kW (255 cv), acoplado a plantadora de cana picada, PCP 6000, massa total 15.230 kg. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, dispostos em um arranjo fatorial 2x3x2, sendo analisado a relação peso potência, correspondendo a 55 e 65 kg cv⁻¹ (C1- 14.025kg e C2- 16.575 kg), três velocidades correspondendo a mínima, média e máxima (V1 –3 km h⁻¹, V2 – 4,5km h⁻¹ e V3– 6kmh⁻¹) e dois períodos (P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio) nos locais de tráfego dos rodados dianteiros e traseiros do trator, com quatro repetições para cada tratamento. Cada parcela experimental ocupou área de 200 m², possuindo dimensões de 50 m de comprimento por 4 m de largura. Em cada parcela foram coletadas amostras indeformadas com anéis de volume conhecido, essas amostras foram coletadas no centro de passagem dos rodados, nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m, totalizando 48 amostras por período, antes e após o plantio, em que foram determinados os seguintes atributos físicos do solo: macroporosidade (m³m⁻³) e microporosidade (m³m⁻³). A microporosidade, macroporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão, segundo Embrapa (1997). As médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2010).

3 | RESULTADOS

Não foi observada diferença entre as médias de macroporosidade e microporosidade para a carga aplicada entre as profundidades avaliadas (Tabela 1). Independente da profundidade, não se constatou interações triplas significativas (C x V x P) para os atributos físicos do solo. Analisando a velocidade isoladamente, observa-se que na profundidade de 0-0,20 m, o menor e maior valor de macroporosidade foi encontrado na velocidade de V3 e V1, com valores iguais a 0,04 e 0,07 m³ m⁻³, respectivamente. O mesmo ocorreu com a microporosidade na profundidade de 0,20-0,40 m, com valores de 0,24 e 0,28 m³ m⁻³. Tais resultados podem ser explicados pelo fato da menor velocidade de deslocamento permitir tempo maior de contato pneu-solo, o que permitirá maior tempo da ação de forças verticais, favorecendo assim, mudança nas propriedades físicas do solo, haja vista que a maior velocidade apresentou resultados contrários. A razão entre macro e microporosidade é um indicativo sensível de compactação do solo, indicando o quanto de macroporos está sendo alterado em relação ao volume de microporos (OLIVEIRA et al. 2015). Já a

microporosidade apresentou uma redução nas camadas de 0,20-0,40 m, após a passagem dos rodados. O que pode ter proporcionado essa diminuição foi a transferência de carga que é aplicada pelos pneus da máquina nessa profundidade, seguido da carga C2 que foi utilizada na plantadora de cana. Analisando o período isoladamente, verifica-se que a microporosidade na profundidade de 0-0,20 houve diferença significativa entre o P1 e P2, com valores iguais a 0,27 e 0,24, respectivamente. Essa diferença pode ser dada devido à passagem do rodado no solo, proporcionando uma compactação, seguida de uma diminuição no valor de microporosidade.

Fonte de Variação	Macroporosidade (m³ m⁻³)		Microporosidade (m³ m⁻³)	
	Profundidades (m)			
	0,0 – 0,20	0,20 – 0,40	0,0 – 0,20	0,20 – 0,40
Carga (C)				
C1	0,05	0,05	0,26	0,27
C2	0,06	0,05	0,25	0,26
Velocidade (V)				
V1	0,07 a	0,04	0,28	0,28 a
V2	0,06 ab	0,06	0,24	0,27 ab
V3	0,04 b	0,06	0,24	0,24b
Período (P)				
P1	0,05	0,05	0,27 a	0,28 a
P2	0,06	0,05	0,24b	0,24b
Teste F				
C	0,385 ^{NS}	0,041 ^{NS}	1,522 ^{NS}	0,539 ^{NS}
V	4,479 *	2,774 ^{NS}	3,579*	3,721*
P	0,727 ^{NS}	0,026 ^{NS}	6,689*	7,641*
C*V	1,554 ^{NS}	2,050 ^{NS}	0,697 ^{NS}	0,431 ^{NS}
C*P	1,870 ^{NS}	1,353 ^{NS}	0,002 ^{NS}	0,345 ^{NS}
V*P	2,295 ^{NS}	0,128 ^{NS}	0,480 ^{NS}	5,381 ^{NS}
C*V*P	0,509 ^{NS}	0,673 ^{NS}	0,519 ^{NS}	0,624 ^{NS}
DMS				
C	0,016	0,020	0,029	0,026
V	0,024	0,029	0,044	0,039
P	0,016	0,020	0,029	0,026
CV (%)	45,50	60,27	19,61	17,25

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade. C1- 55 kg cv⁻¹ (14.025 kg), C2 - 65 kg cv⁻¹ (16.575 kg), V1 – 3 km h⁻¹, V2 – 4.5 km h⁻¹ e V3 – 6 km h⁻¹, P1 – antes do plantio e P2 – após o plantio.

TABELA 1 – Síntese de análise de variância e do teste de médias para macroporosidade e microporosidade nas profundidades de 0,0 – 0,20, e 0,20 – 0,40 m em função da carga, velocidade operacional e do período.

4 | CONCLUSÃO

As cargas aplicadas não apresentaram alterações nos atributos físicos do solo. A velocidade V3 alterou os atributos físicos do solo, reduzindo a macroporosidade e microporosidade do solo. O período P2 promoveu uma significativa redução na macroporosidade do solo.

REFERÊNCIAS

- CERRI, C.C.; FELLER, C. & CHAUVEL, A. **Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar.** Cah. Orston, Ser. Pédol, 26:37-50, 1991.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3 ed. Brasília: Embrapa, 353p., 2013
- FEITOSA, J. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R. **Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo.** Engenharia Agrícola, v.35, n.1, p.117-127, 2015.
- IORESE, D. A.; MARASCA, I.; FERNANDES, B.B.; SANDI, J.; MORELLI-FERREIRA, F.; LANÇAS, K. P. **Desempenho de três tratores agrícolas em ensaios de tração.** Revista de Agricultura Neotropical, v.2, n.2, p.68-76, 2015.
- HILLEL, D. **Environmental soil physics.** San Diego: Academic Press, 770p., 1998.
- HORN, R.; LEBERT, M. **Soil compactibility and compressibility.** In: SOANE, B.D.; VAN OUWERKERK, C., eds. Soil compaction in crop production. Amsterdam, Elsevier, p.45-69. (Developments in Agricultural Engineering, 11)., 1994.
- SCHJONNING, P.; LAMANDÉ, M.A. **Note on the vertical stresses near the soil-tire interface Soil.** Tillage Research, v.108, n.1, p.77-82, 2010.
- VISCHI FILHO, O.J.; SOUZA, Z.M.; SILVA, R.B.; LIMA, C.C.; PEREIRA, D.M.G.; LIMA, M.E.; SOUSA, A.C.M.; SOUZA, G.S. **Capacidade de suporte de carga de Latossolo Vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.50, n.4, p.322-332, 2015.

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO EM FUNÇÃO DE DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO CONTROLADA, DIFERENTES SUBSTRATOS E VOLUMES DE RECIPIENTES

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 23/03/2022

Gabriel Pinheiro Silva

Graduando em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0837398179700897>

Eduardo Mamoru Takakura

Graduando em agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4598668415208886>

Adrielly Costa Souza

Graduanda em Eng. Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4178811842610818>

Dênmorea Gomes de Araújo

Dra, Prof. Associado II, Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0359372594622313>

Marcos André Piedade Gama

Dr, Prof. Associado III, Universidade Federal Rural da Amazônia
Belém, Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3991808809325751>

RESUMO: O maracujazeiro é uma espécie frutífera de grande importância para a agricultura brasileira, por isso, a nutrição das mudas

é fundamental para o desenvolvimento e produtividade da planta pós o plantio. O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses de fertilizante de liberação controlada (FLC), formulações de substratos e volumes de recipientes. O estudo foi realizado no município de Santo Antônio do Tauá – PA, com delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial de $4 \times 2 \times 2$, com quatro repetições, utilizando-se três plantas por parcela. Os tratamentos foram compostos por quatro doses (0; 4; 8 e 12 g dm^{-3}) de fertilizante de liberação controlada Osmocote®, dois volumes de tubetes: 1) 280 cm^3 e 2) 55 cm^3 e duas formulações de substratos. Os substratos foram compostos por: a) Produto comercial (Tropstrato®) + vermiculita, na proporção 1:1, e b) substrato preparado com solo + cama de frango, na proporção de 3:1. Os parâmetros avaliados foram altura da muda (cm), diâmetro do coleto (mm), número de folhas, comprimento da raiz (cm), área foliar (cm^2) e teor relativo de clorofila (mg cm^{-2}) aos 50 dias após a germinação. Neste estudo os substratos associados ao Osmocote® foram significativos ao desenvolvimento das plantas, os tubetes de 280 cm^3 são os mais adequados para o crescimento das mudas de “maracujá amarelo”. Recomenda-se a utilização de 8,5 g dm^{-3} de FLC, com o substrato Tropstrato® + vermiculita 1:1 v/v no recipiente de 280 cm^3 para a produção de mudas de maracujazeiro amarelo.

PALAVRAS-CHAVE: Produção de mudas. Fertilizantes de liberação controlada. Fruticultura. Substratos. Recipientes.

PRODUCTION OF PASSION FRUIT SEEDLINGS AS A FUNCTION OF CONTROLLED RELEASE FERTILIZER DOSES, DIFFERENT SUBSTRATES AND CONTAINER VOLUMES

ABSTRACT: The passion-fruit tree is a fruit species of great importance for Brazilian agriculture; therefore, the nutrition of the seedlings is fundamental for the development and productivity of the plant after planting. The objective of this work was to evaluate the production and quality of yellow passion-fruit seedlings as a function of controlled-release fertilizer (CRF) doses, substrate formulations, and container volumes. The study was performed in the city of Santo Antônio do Tauá - PA, in a randomized block design with a 4x2x2 factorial scheme, with four repetitions, using three plants per plot. The treatments were composed of four doses (0; 4; 8 and 12 g dm⁻³) of Osmocote® controlled-release fertilizer (CRF), two volumes of tubes: 1) 280 cm³ and 2) 55 cm³ and two substrate formulations. The substrates were composed of: a) commercial product (Tropstrato®) + vermiculite, in the proportion 1:1, and b) substrate prepared with soil + chicken litter, in the proportion 3:1. The parameters evaluated were seedling height (cm), stem diameter (mm), number of leaves, root length (cm), leaf area (cm²), and relative chlorophyll content (mg cm⁻²) at 50 days after germination. In this study, the substrates associated with Osmocote® were significant for the development of the plants; the 280 cm³ tubes are the most adequate for the growth of yellow passion-fruit seedlings. It is recommended to use 8.5 g dm⁻³ of CRF, with the substrate Tropstrato® + vermiculite 1:1 v/v in the 280 cm³ containers for the production of yellow passion-fruit seedlings.

KEYWORDS: Seedling production. Controlled release fertilizer. Fruit growing. Substrates. Containers.

INTRODUÇÃO

O *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* O. Deg. também conhecido como “maracujá amarelo”, pertence à família Passifloraceae com distribuição fitogeográfica na Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal. O Brasil é o maior produtor de maracujá do mundo, com uma produção de 602.651 mil toneladas em 2018, sendo o estado da Bahia o principal produtor nacional da fruta (IBGE, 2018). Segundo Favare (2013), o crescimento na produção de maracujá no país é dependente da utilização de cultivares de potencial elevado e de mudas sadias e vigorosas. Assim, considerando que a qualidade das mudas é fator importante para o desenvolvimento dos plantios de maracujá em condições de campo, são necessários, portanto, estudos que proporcionem melhoria na produção de mudas e redução nos custos, com trabalhos que envolvam, por exemplo, estado nutricional, tipos de substratos, além de tipos e volumes de recipientes.

A nutrição das plantas durante a fase de mudas é de extrema importância, pois garante uma boa adaptação e crescimento após o plantio (DEL QUIQUI et al., 2004). Assim, é essencial ter atenção à fertilidade do substrato, que geralmente é ajustada por meio de fertilizantes aplicados no início ou durante o processo. A grande questão do uso de fertilizantes é diminuir as perdas de nutrientes, que também pode causar um

impacto ambiental, e aumento no custo de produção. Diante disso, uma alternativa que tem se destacado é a utilização dos fertilizantes de liberação controlada (FLC), que têm demonstrado eficiência, tanto na adequação da disponibilidade de nutrientes, quanto na forma e custo do fertilizante. Um tipo de FLC é o Osmocote®, que segundo Mendonça et al. (2008) apresenta uma tecnologia interessante ao produtor de mudas para minimizar os riscos à nutrição das plantas, pois proporciona a disponibilização contínua dos nutrientes, dispensa aplicações parceladas, diminui os custos operacionais e perdas por lixiviação.

Complementar à fertilização, o estudo do substrato para a produção de mudas de maracujá também é importante, pois influencia as questões econômica de produção e ambiental de destinação dos resíduos (TSUTIYA, 2000) e de aquisição desses materiais. De acordo com Silva et al (2001) para a produção de mudas, deve-se levar em consideração alguns quesitos na escolha do substrato, como disponibilidade de aquisição, transporte, ausência de patógenos, riqueza em nutrientes essenciais, pH adequado, textura e estrutura.

Outro aspecto relacionado aos substratos é a determinação do material e volume de recipiente, que exerce influência significativa na produção de mudas (SILVA et al., 2010), pois, a partir do material e volume selecionado de recipientes, pode haver influência direta na qualidade e custo de produção de mudas, principalmente pelo aumento da quantidade de substrato requerido em recipientes maiores, áreas maiores nos viveiros e logística de transporte.

Segundo Silva et al. (2010) a utilização de substratos e tamanhos de recipientes alternativos pode favorecer a maior sobrevivência das mudas no campo, além de oferecer maior precocidade na sua obtenção, acarretando em uma diminuição dos custos de produção.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar a produção e qualidade de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses de fertilizante de liberação controlada, formulações de substratos e volumes de recipientes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro com cobertura de sombrite 50% e plástico, no município de Santo Antônio do Tauá – PA, nas coordenadas geográficas 1°05'44.7"S 48°07'19.4"W com período de acompanhamento de 50 dias.

O experimento foi realizado no delineamento de blocos casualizados com esquema fatorial de 4x2x2, com quatro repetições, utilizando-se três plantas por parcela. Os tratamentos foram compostos por quatro doses (0; 4; 8 e 12 g dm⁻³) de fertilizante de liberação controlada (FLC) Osmocote®, dois volumes de tubetes: 1) 280 cm³ e 2) 55 cm³ e duas formulações de substratos. Os substratos foram compostos por: a) Produto comercial (Tropstrato®) + vermiculita, na proporção 1:1, e b) substrato preparado com solo + cama de frango, na proporção de 3:1. Nos dois substratos foi adicionado o fertilizante de liberação

controlada (Osmocote®) e misturados manualmente, de acordo com as doses previstas.

Em cada recipiente ou unidade experimental foram utilizadas duas sementes de maracujazeiro amarelo e após 10 dias de germinação, realizou-se o desbaste deixando apenas a mais vigorosa em cada recipiente.

O FLC utilizado possui uma formulação NPK 15-09-12, mais 1,3% de Mg, 5,9% de S, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,46% de Fe, 0,06% de Mn, 0,02% de Mo e 0,05% de Zn, com tempo de disponibilização de nutrientes de aproximadamente 5 a 6 meses.

Os tratos culturais, durante a condução do experimento, foram de irrigações diárias e controle manual de plantas daninhas, pragas e doenças, não ocorrendo, portanto, adição de outra fonte de fertilizante.

Foram selecionados os seguintes parâmetros para avaliação das mudas de maracujazeiro: altura da muda (cm), diâmetro do coleto (mm), número de folhas, comprimento da raiz (cm), área foliar (cm²) e teor relativo de clorofila (mg cm⁻²) aos 50 dias após a germinação. Para determinação destes parâmetros foram utilizados, régua graduada em centímetros para determinação da altura e comprimento da raiz, paquímetro digital para medição do diâmetro do coleto, leitor de área foliar modelo LI-3100C área meter para medição da área foliar e clorofilômetro modelo Minolta SPAD-502 para o teor relativo de clorofila.

Os dados obtidos foram submetidos previamente à análise de normalidade com o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade, utilizando a prova de Levene a 5% de probabilidade, no software InfoStat (DI RIENZO et al., 2014). A análise de variância dos dados foi realizada pelo teste F e comparação das médias pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. O efeito das doses do FLC, substratos e recipientes nas variáveis avaliadas foi analisado por estudo de regressão, conforme metodologia recomendada por Banzatto e Kronka (1995), no qual as doses de máxima eficiência técnica (DMET) foram obtidos a partir da derivação das equações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise de variância (Tabela 1) observa-se que a interação entre os três fatores (FLC x Substratos e Recipientes) e a interação (FLC x Recipientes) foram significativas pelo teste F ($P < 0,05$) apenas para variável diâmetro do coleto. A interação Substratos x Recipientes foi significativa somente para variável comprimento da raiz. A interação FLC x Substratos foi significativa para quase todas as variáveis, com exceção para variável comprimento da raiz.

A relação FLC x substratos demonstra que mudas de maracujá responderam significativamente em ambos os substratos, incluindo o “substrato b” com cama aviária. É um resultado interessante já que Pereira et al. (2017) indicaram que as doses muito elevadas de esterco bovino, suíno e cama de aves inibem o crescimento das plantas devido

ao excesso de teores de nitrogênio.

Fontes de Variação	GL	Altura	Diâmetro do coleto (mm)	Nº de Folhas	Comprimento da Raiz (cm)	Área Foliar (cm²)	Teor de Clorofila (mg cm⁻²)
Fertilizante de liberação controlada (FLC)	3	94,44**	72,93**	67,03**	2,34 ns	292,35**	145,46**
Substrato (S)	1	23,29**	0,43 ns	2,33 ns	10,85*	31,65**	11,09*
Recipiente (R)	1	10,71*	41,99**	29,20**	43,85**	31,80**	1,71 ns
FLC x S	3	43,34**	16,31**	12,54**	2,37 ns	91,71**	45,41**
FLC x R	3	1,38 ns	4,42*	0,78 ns	1,92 ns	1,51 ns	0,67 ns
S x R	1	0,04 ns	3,75 ns	0,28 ns	5,22*	2,15 ns	1,12 ns
FLC x S x R	3	0,74 ns	3,90*	2,42 ns	0,90 ns	2,02 ns	0,46 ns
Bloco	3	3,52*	3,05*	2,12 ns	4,21*	0,57 ns	4,99*
CV (%)		10,3	18,18	18,43	30,32	9,64	14,65

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F e ns: Não significativo

Tabela 1 – Resumo da análise de variância com teste F para altura, diâmetro do coleto, número de folhas, comprimento da raiz, área foliar e teor relativo de clorofila em função de doses de FLC, substratos e recipientes na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

Com relação aos efeitos do volume do tubete observou-se que as mudas produzidas no recipiente de menor capacidade volumétrica (55 cm³), apresentaram as menores médias em relação as variáveis altura, número de folhas e área foliar (Tabela 2). Isto provavelmente, está relacionado com o aporte de nutrientes que o recipiente maior tem para oferecer, devido à maior quantidade de substrato. Corroborando com esse resultado, Costa et al. (2011) obtiveram resultados semelhantes, trabalhando com mudas de maracujazeiro-amarelo, pelo qual observaram melhor qualidade das mudas nos sacos de polietileno de 15,0 cm x 21,5 cm comparados com os sacos de menor volume.

	Altura	Nº de Folhas	Área Foliar
Recipiente 1 (280 cm³)	18,76 a	6,83 a	187,97 a
Recipiente 2 (55 cm³)	16,24 b	5,91 b	124,73 b

* Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical constituem grupo estatisticamente homogêneo.

* Teste de Scott & Knott ao nível de 5% significância.

Tabela 2 – Médias de altura, número de folhas e área foliar em função de volume dos recipientes na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. Santo Antônio do Tauá– PA, 2020.

O comprimento da raiz respondeu significativamente à interação entre substrato e volume do recipiente, já que se obtiveram maiores médias no recipiente de 280 cm³ em

ambos os substratos (Tabela 3). Também em trabalho usando a cama aviária como parte do substrato (THIESEN et al., 2020) observou-se um incremento no sistema radicular das mudas de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC.).

O menor desenvolvimento do sistema radicular das mudas em recipientes menores pode está diretamente relacionado com o espaço que as raízes tiveram para crescer e com o aporte de nutriente que foi disponibilizado no recipiente de maior volume. Para Reis et al. (1989) os menores recipientes proporcionam limitação ao crescimento radicular, além de causar desequilíbrio com a parte aérea já que as raízes são responsáveis pela absorção de água e nutrientes. No entanto vale ressaltar que a qualidade da muda deve estar diretamente relacionada com o custo, pois recipientes maiores implicam em maior quantidade de substrato, elevando o custo de produção, sendo isso um dos fatores essenciais para o viveirista obter lucro (BARDIVIESSO et al., 2011).

	Recipiente 1 (280 cm ³)	Recipiente 2 (55 cm ³)
Substrato "a"	18,22 a	16,69 b
Substrato "b"	17,91 a	14,24 c

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo.

* Teste de Scott & Knott ao nível de 5% significância.

* Substrato "a" – Tropstrato® + Vermiculita (1:1); Substrato "b" – Solo + cama de frango (3:1).

Tabela 3 - Médias de comprimento da raiz em função de substratos e volume dos recipientes na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

A interação FLC x substratos influenciou significativamente na variável altura de mudas de maracujazeiro amarelo apresentando comportamento quadrático em ambos os substratos. A DMET do substrato "a" foi de 8,58 g dm⁻³ correspondendo a uma altura de 22,73 cm, e o DMET do substrato "b" foi de 6,38 g dm⁻³ correspondendo a uma altura de 21,76 cm, um incremento de 368% e 147% respectivamente, quando comparados com o tratamento sem dose de FLC (figura 1). Em trabalho realizado por Mendonça et al. (2004), com maracujazeiro-doce, foram observados incrementos significativos na variável altura na presença de Osmocote® em função de diferentes substratos.

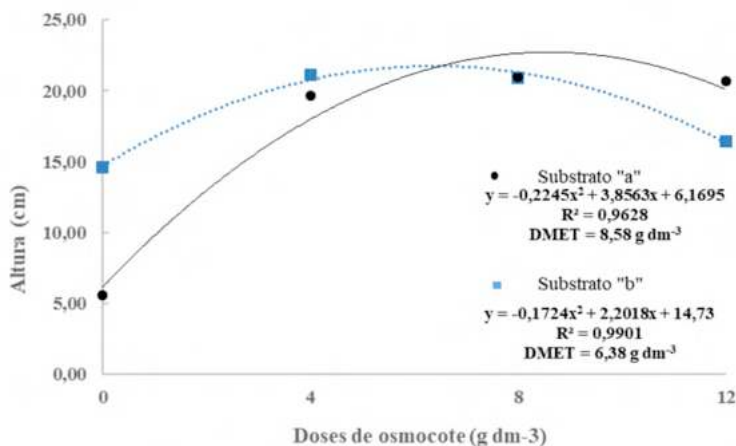


Figura 1 - Altura de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses de FLC considerando os substratos "a" e "b" aos 50 dias após a germinação. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

Na variável diâmetro do coleto, houve a interação entre FLC x substratos x recipientes, pela qual percebeu-se forte influência do FLC nessa interação, visto que as menores médias foram obtidas quando não houve a utilização do fertilizante (Tabela 4). Resultados similares foram obtidos por Muniz et al. (2020) com mudas de maracujazeiro-amarelo quando avaliaram diâmetro em função das doses de Osmocote® em diferentes substratos. Diversos estudos apontam a variável de diâmetro do coleto como fundamental para determinar a sobrevivência da planta no campo pois possui relação com o ritmo de crescimento pós plantio, embora ocorram variações para cada espécie (RITCHIE et al., 2010; BINOTTO et al., 2010).

	Substrato a Recipiente 1	Substrato a Recipiente 2	Substrato b Recipiente 1	Substrato b Recipiente 2
Dose 0 g dm ⁻³	1,23 d	1,27 d	2,16 c	1,95 c
Dose 4 g dm ⁻³	3,27 a	2,40 b	3,08 a	2,52 b
Dose 8 g dm ⁻³	3,03 a	2,92 a	3,12 a	2,08 c
Dose 12 g dm ⁻³	2,90 a	2,65 b	2,76 b	2,36 b

* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas constituem grupo estatisticamente homogêneo.

* Teste de Scott & Knott ao nível de 5% significância.

* Substrato "a" – Tropstrato® + Vermiculita (1:1); Substrato "b" – Solo + cama de frango (3:1); recipiente 1 – Tubete de 280 cm³; recipiente 2 – Tubete de 55 cm³.

Tabela 4 - Médias de Diâmetro do coleto em função de doses de FLC, substrato e volume dos recipientes na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

Em relação ao número de folhas e área foliar das mudas de maracujazeiro observou-se que a utilização de FLC é significativamente importante, e para os dois substratos

considerados neste estudo a melhor dose de FLC está em torno de $8,5 \text{ g dm}^{-3}$ (Figura 2 e 3). Resultados semelhantes foram obtidos por Melo Júnior et al., (2015) onde obtiveram uma média de 9,89 folhas com a dose de $9,63 \text{ kg m}^{-3}$ em mudas de maracujazeiro amarelo. A avaliação do número de folhas é de extrema importância para sobrevivência da muda em campo, já que influencia na capacidade fotossintética e consequentemente na produtividade (MENEGATTI et al., 2017).

Para variável teor relativo de clorofila, houve também interação significativa na relação FLC x substrato, pela qual os valores de DMET foram de $9,13 \text{ g dm}^{-3}$ e de $10,36 \text{ g dm}^{-3}$ nos substratos “a” e “b”, respectivamente (figura 4). Corroborando com este resultado Pagliarini, de Castilho e Mariano (2014) obtiveram maiores médias de teores de clorofila quando utilizaram dois tipos de fertilizante de liberação controlada comparados com fertilizantes convencionais em mudas de pimenta bico. Outros trabalhos também têm demonstrado os efeitos positivos da utilização do FLC Osmocote®, nesta variável, principalmente por ser fonte de N e Mg, que são componentes da estrutura da clorofila (Elli et al., 2013; De Paula et al., 2020).

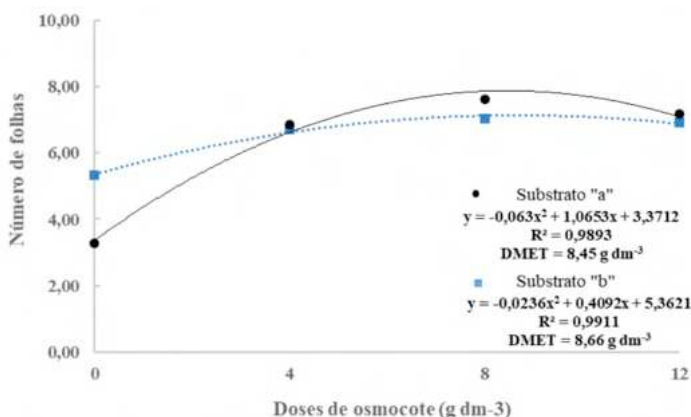


Figura 2– Número de folhas de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses de FLC considerando os substratos “a” e “b” aos 50 dias após a germinação. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

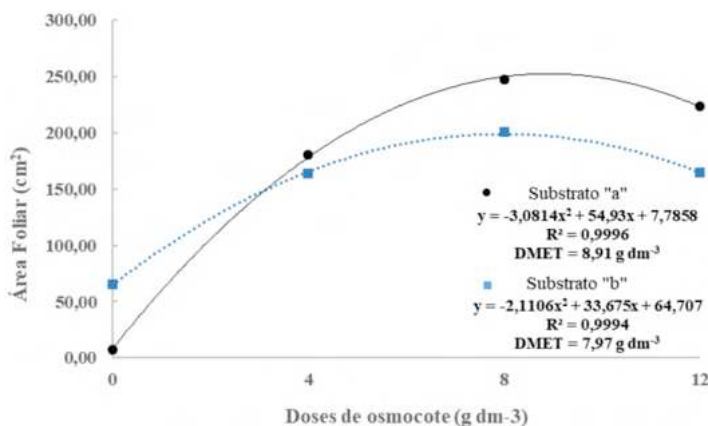


Figura 3 – Área foliar de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses de FLC considerando os substratos “a” e “b” aos 50 dias após a germinação. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

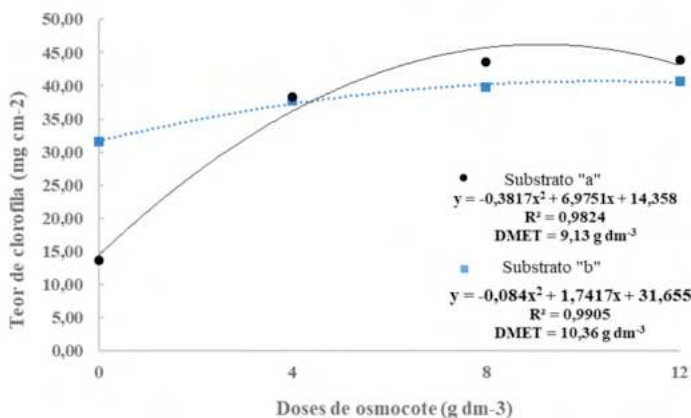


Figura 4 – Teor relativo de clorofila de mudas de maracujazeiro amarelo em função de doses de FLC considerando os substratos “a” e “b” aos 50 dias após a germinação. Santo Antônio do Tauá – PA, 2020.

Embora tenham sido observadas pequenas diferenças quanto a DMET em função das variáveis consideradas, esses resultados estão dentro da faixa de valores obtidos por outros trabalhos para produção de mudas de maracujazeiro, pois, autores recomendam doses de 3 até 12 g dm⁻³ de FLC em diferentes estudos (Pereira et al. 2000; Mendonça et al. 2004; Mendonça et al. 2007; Melo Júnior et al. 2015 e da Silva et al. 2020), portanto, indicando que a variabilidade das respostas ocorre em função das especificidades que as mudas são submetidas, quanto ao clima, formulações de substratos, tamanhos de recipientes e tempo de muda no viveiro.

CONCLUSÕES

O fertilizante de liberação controlada (FLC), no caso o Osmocote® (15-09-12), pode ser recomendado para a produção de mudas de maracujazeiro amarelo na dosagem de 8,5 g dm⁻³.

A utilização do substrato associado com FLC Osmocote® promoveu melhores resultados na produção de mudas de maracujazeiro. Porém, sem a utilização do FLC os melhores resultados foram obtidos com o substrato “b” composto por Solo + Cama de aviário na proporção (3:1).

Com relação ao volume dos recipientes, este estudo demonstrou que é mais adequado a utilização do tubete de 280cm³ para produção de mudas de maracujazeiro amarelo.

De forma geral, recomenda-se a utilização de 8,5 g dm⁻³ de FLC, com o substrato Tropstrato® + vermiculita 1:1 v/v no recipiente de 280 cm³ para a produção de mudas de maracujazeiro amarelo.

REFERÊNCIAS

- BARDIVIESSO, D. M., MARUYAMA, W. I., REIS, L. L., MODESTO, J. H., & REZENDE, W. E. **Diferentes substratos e recipientes na produção de mudas de guabiroba (*Campomanesia pubescens* O. Berg).** Revista Científica Eletrônica de Agronomia, Garça, v. 18, n. 1, p. 52-59, 2011.
- BINOTTO, A. F. et al. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. *Cerne*, v. 6, n.4, p. 457-464, 2010.
- BRAÑA MUNIZ, P. S.; ANDRADE NETO, R. DE C.; PEREIRA LUNZ, A. M.; DE ALMEIDA, U. O.; DE ARAÚJO, J. M. **Alternative substrates and controlled-release fertilizer in the production of yellow passion fruit seedlings.** *Comunicata Scientiae*, v. 11, p. e3292, 24 Aug. 2020.
- COSTA, Edilson et al. **Volumes de substratos comerciais, solo e composto orgânico afetando a formação de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes ambientes de cultivo.** *Rev. Ceres* (Impr.), Viçosa, v. 58, n. 2, p. 216-222, Apr. 2011.
- DA SILVA, P. C. R., PAIVA, P. E. B., DE OLIVEIRA CHARLO, H. C., & DE MIRANDA COELHO, V. P. **Slow Release Fertilizers or Fertigation for Sugarcane and Passion Fruit Seedlings** *Agronomic Performance and Costs. Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, p. 1-7, 2020.
- DE FAVARE, H. G., NEVES, L. G., SERAFIM, M. E., CORREA, A. F., BARELI, M. A., DA LUZ, P. B., & ARAÚJO, K. L. **Desenvolvimento de cultivares de maracujazeiro em diferentes substratos e dimensões de recipientes.** *Brazilian Journal of Agriculture-revista de agricultura*, v. 88, n. 1, p. 62-69, 2013.
- DE MELO JÚNIOR, J. C. F., DOS SANTOS COSTA, D., GERVÁSIO, E. S., LIMA, A. M. N., & SEDIYAMA, G. C. **Efeito de níveis de depleção de água no substrato e doses de fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de maracujazeiro amarelo.** *Irriga*, v. 20, n. 2, p. 204-219, 2015.

de Paula, J. C. B., Júnior, W. A. R., Shimizu, G. D., Men, G. B., & de Faria, R. T. (2020). **Fertilizante de liberação controlada no crescimento inicial da orquídea Phalaenopsis sp.** *Revista Cultura Agronômica*, 29(2), 289-299.

DEL QUIQUI, E. M., MARTINS, S. S., PINTRO, J. C., DE ANDRADE, P. J. P., & MUNIZ, A. S. **crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto cultivadas sob condições de diferentes fontes de fertilizantes.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 26, n. 3, p. 293-299, 2004.

ELLI, E. F., CANTARELLI, E. B., CARON, B. O., MONTEIRO, G. C., PAVAN, M. A., PEDRASSANI, M., & ELOY, E. **Osmocote® no desenvolvimento e comportamento fisiológico de mudas de pitangueira.** *Comunicata Scientiae*, v. 4, n. 4, p. 378-384, 2013.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA: Banco de Dados Agregados: **Tabela 1613: Área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente.**

MARTINS FILHO, S.; FERREIRA, A.; ANDRADE, B. S.; RANGEL, R. M.; SILVA, M. F. 2007. **Diferentes substratos afetando o desenvolvimento de mudas de palmeiras.** *Rev. Ceres*, 54, (311), 80-86.

MENDONÇA, V., ABREU, N. A. A. D., SOUZA, H. A. D., TEIXEIRA, G. A., HAFLE, O. M., & RAMOS, J. D. **Diferentes ambientes e Osmocote® na produção de mudas de tamarindeiro (tamarindus indica).** *Ciência e Agrotecnologia, lavras*, v.32, n.2, p. 391-397, 2008.

MENDONÇA, V., RAMOS, J. D., GONTIJO, T. C. A., MARTINS, P. C. C., DANTAS, D. J., PIO, R., & ABREU, N. D. **Osmocote e substratos alternativos na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 4, p. 799-806, 2004.

MENDONÇA, V., Ramos, J. D., Pio, R., Gontijo, T. C. A., Dantas, D. J., & Martins, P. C. C. **Formação de mudas de maracujazeiro-doce com uso de fertilizante osmocote e misturas alternativas de substratos/sweet passion fruit seedling production using osmocote and alternative substrate mixtures.** *Ceres*, V. 51, N. 295, 2004.

MENDONÇA, V., TOSTA, M. D. S., MACHADO, J. R., JÚNIOR, G., ROSEIRO, S. A., TOSTA, J. D. S., & BISCARO, G. A. **Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro'amarelo'.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, n. 2, p. 344-348, 2007.

MENEGATTI, R. D., GUOLLO, K., NAVROSKI, M. C., & VARGAS, O. F. (2017). **Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento inicial de Aspidosperma parvifolium A. Dc.** *Scientia Agraria Paranaensis*, 16(1), 45-49.

PAGLIARINI, M. K., CASTILHO, R. M. M., & MARIANO, F. A. C. **Desenvolvimento de mudas de pimenta de bico em diferentes fertilizantes.** *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental* V, v. 20, n. 1, p. 35-42, 2014.

PEREIRA, I. S.; LIMA, K. C. C.; MELO JUNIOR, H. B. 2017. **Substratos orgânicos na produção de mudas de cafeeiro em tubetes.** *Rev. Agric. Neotrop.*, 4, (2), 17-26. DOI: 10.32404/rean. v4i2.1254

PEREIRA, W. E., LIMA, S. F. D., PAULA, L. B. D., & ALVAREZ V, V. H. **Crescimento e composição mineral de mudas de maracujazeiro em função de doses de osmocote fm dois tipos de substrates.** *Ceres*, v. 47, n. 271, 2000.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. **Crescimento de Eucalyptus camaldulensis, E. grandis e E. cloeziana sob diferentes níveis de restrição radicular.** *Revista Árvore*, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.

RITCHIE, G. A. Assessing plant quality. In: LANDIS TD et al. **Seedling Processing, Storage and Outplanting**: v. 7. Washington: Department of Agriculture Forest Service, Cap. 2, p. 17-81. 2010.

SILVA, E. A.; MARUYAMA, W. I.; MENDONÇA, V.; FRANCISCO, M. G. S.; BARDIVIESSO, D. M.; TOSTA, M. S. **Composição de substratos e tamanho de recipientes na produção e qualidade das mudas de maracujazeiro' amarelo'**. Ciência e Agrotecnologia, lavras, v. 34, n. 3, p. 588-595, 2010.

SILVA, R.P. DA; PEIXOTO, J.R.; JUNQUEIRA, N.T.V. **Influência de diversos substratos no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro azedo (Passiflora edulis f. flavicarpa deg)**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23, n.2, p.377-381, 2001.

SOUSA DINIZ, M. B. V., DE MESQUITA, E. F., DA SILVA SÁ, F. V., DE PAIVA, E. P., DINIZ, J. F. V., & DE FIGUEIREDO SUASSUNA, C. **Crescimento de porta-enxertos de goiabeira influenciado por doses de biofertilizante, tipo e volume de substrato**. Científica, v. 43, n. 2, p. 165-178, 2015.

TESSARIOLI NETO, J. **Recipientes, embalagens e acondicionamento de mudas de hortícolas. in: Produção de mudas de alta qualidade em horticultura** [s.l: s.n.], 1995.

THIESEN, Leonardo Antonio et al. **Desenvolvimento inicial de mudas de Eugenia involucrata DC. sob diferentes substratos**. Journal of Environmental Analysis and Progress, v. 5, n. 4, p. 391-397, 2020.

TSUTIYA, M. T. (2000). **Alternativas de disposição final de bioossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos**. In Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA-Meio Ambiente.

IMPACTO DO MOMENTO DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA SOBRE O CONTROLE DE DOENÇAS FOLIARES EM CULTIVARES DE TRIGO

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 13/05/2022

Gustavo Castilho Beruski

Pesquisador Científico
CTC, Centro de Tecnologia Canavieira, Seed
Design
Piracicaba, SP
<http://lattes.cnpq.br/6676979297366528>

André Belmont Pereira

Professor Associado C
UEPG, Dep. de Ciência do Solo e Engenharia
Agrícola
Ponta Grossa, PR
<http://lattes.cnpq.br/7548805986719809>

RESUMO: O trigo (*Triticum aestivum* L.) é cultivado durante o período de inverno no sul do Brasil e é considerada o principal cultivo nesta época, tendo o Paraná como o principal produtor. Contudo, nestas áreas doenças foliares podem impactar negativamente a produção da cultura, assim o uso de fungicidas é uma importante ferramenta utilizada por produtores no seu controle, todavia para que tenham efetividade, aplicações de fungicidas devem ser realizadas em momentos adequados. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes momentos de aplicação de fungicida (epoxiconazol + piraclostrobina) no controle de ferrugem da folha (*Puccinia triticina*) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) em duas cultivares de trigo com diferentes níveis de suscetibilidade

no sul do Brasil. O experimento foi conduzido sob delineamento de parcela subdividida em área experimental, no município de Ponta Grossa, PR. Os tratamentos foram: testemunha (ausência de pulverização); pulverização no primeiro nó, emborrachamento e grão aquoso; pulverização no alongamento e florescimento; pulverização no emborrachamento e grão aquoso. Ao longo do desenvolvimento da cultura, os tratamentos sem aplicação de fungicidas apresentaram elevados valores de severidade de ambas as doenças. O aumento das áreas abaixo das curvas de progresso das doenças avaliadas neste estudo afetou consideravelmente os componentes de rendimento das cultivares de trigo. Em geral a aplicação em primeiro nó não se reverteu em vantagem econômica. O melhor momento de aplicação do fungicida estudado foi na fase de emborrachamento e em grão aquoso.

PALAVRAS-CHAVE: *Triticum aestivum* L. *Puccinia triticina* E. *Pyrenophora tritici-repentis*. Produtividade.

IMPACT OF FUNGICIDE SPRAYS TIMING ON CONTROL OF FOLIAR DISEASES IN WHEAT CULTIVARS

ABSTRACT: Wheat (*Triticum aestivum* L.) is grown throughout winter time in the Southern Brazil and turns out to be the main agricultural crop at such a time with Paraná State as the principal producing region. However, during the crop growing season foliar diseases significantly compromise actual yield at commercial production fields in such a manner as to justify the application of fungicides at the right time to control foliar diseases in wheat. The aim of the

current book chapter was to assess the impact of different timings for fungicide application (epoxiconazole + pyraclostrobin) on control of leaf rust (*Puccinia triticina* E.) and yellow spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) diseases in two wheat genotypes featured by distinct levels of susceptibility at the Southern Brazil. A field trial was conducted in Ponta Grossa, PR, Brazil, in light of split plot statistical design at an experimental area belonging to CESCAGE. The following treatments were imposed in the current study: control (with no sprays); sprays at the first node, booting and heading; sprays at jointing and booting; sprays at booting and heading. Throughout the entire crop growing season, the control treatment was conducive to the highest severity levels for both diseases. In general, fungicide sprays at the first node did not culminate in economical advantage. The best timing for fungicide application was the one ascribed to booting and heading stages.

KEYWORDS: *Triticum aestivum* L. *Puccinia triticina* E. *Pyrenophora tritici-repentis*. Yield.

INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um importante cereal classificado como um dos principais fornecedores de carboidratos para a população mundial. Apesar da importância econômica, em escala mundial, a área cultivada e a produção da referida espécie têm variado significativamente na safra 2020 com estimativas de rendimento de 768.5 milhões de toneladas. O Brasil é tido como um grande produtor de trigo, porém na região Sul a cultura é amplamente cultivada durante o inverno, sendo uma importante fonte de renda para produtores rurais. Na região Sul do Brasil, o Paraná possui a maior área de cultivo, com lavouras que atingem produtividades médias de 3,200 kg ha⁻¹ (CONAB, 2020).

As áreas de cultivo de trigo no Estado do Paraná caracterizam-se por lavouras conduzidas sob sistema de plantio direto (Navarini; Balardin, 2012), as quais apresentam um reduzido período de semeadura. Portanto, extensas áreas de monocultivo contendo plantas no mesmo estágio do desenvolvimento são observadas na região, condições que elevam a probabilidade de ocorrência de doenças (Reis et al., 2010). Além disso, na região as condições meteorológicas são favoráveis à ocorrência de doenças na cultura do trigo, fator que pode desencadear severas epidemias e quebras de produção.

Dentre as doenças que impactam negativamente a produtividade de lavouras trigo, destacam-se as doenças foliares causadas, principalmente, por ferrugem da folha (*Puccinia triticina* E.) e mancha amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*). A ferrugem da folha é causada por um fungo biotrófico favorecido por temperaturas entre 15 e 20°C e elevada umidade do ar (Bohatchuk et al., 2006). Sintomas de infecção característicos, tais como, pústulas circulares ou ligeiramente ovaladas, de coloração amarelo-escuro a marrom, ocorrem em ambos os lados das folhas, infectando toda parte aérea da planta. A mancha amarela da folha do trigo é causada por um fungo necrotrófico, o qual manifesta-se sob a forma de pequenas manchas bronzeadas, ovais ou lenticulares, com bordas amareladas. Com a evolução da doença, as lesões tornam-se marrom-claro e, em muitos casos, coalescem,

induzindo a senescência foliar (Lau et al., 2011; Prestes, 2001). A condição ambiental que favorece a proliferação desse patógeno é temperatura do ar entre 18 e 28°C, associada a necessidade de 30 horas de molhamento foliar para desencadear o processo infeccioso em campos de produção de trigo (Bohatchuk et al., 2006).

As medidas de manejo atualmente adotadas para controle de doenças foliares de trigo incluem resistência genética, práticas culturais e uso de fungicidas (Tormen et al., 2013). Destas, o controle químico é a estratégia mais utilizada por produtores, principalmente, por fungicidas compostos pela mistura comercial de estrobirulinas e triazóis. Contudo, a resposta das cultivares de trigo à aplicação de fungicidas depende da severidade da doença, do nível e do tipo de resistência da cultivar, das práticas de manejo, das condições ambientais e do momento de pulverização (Debona, 2009).

Para Souza (2015), o êxito no controle químico depende de fatores como o momento de aplicação do fungicida; o uso de produtos com longo período residual; produtos de boa cobertura do alvo e ausência de atrasos na aplicação do fungicida. Este último, conforme descrito por Pinto et al. (2012), é o fator determinante para sucesso do controle químico, pois as doenças possuem alta taxa de progresso, tornando o momento de aplicação um fator decisivo para a eficiência deste método de controle nas lavouras.

O monitoramento da doença é fundamental na tomada de decisão para se definir o momento inicial das pulverizações de fungicidas, bem como a caracterização da propriedade e do ambiente de produção são também cruciais para a definição do intervalo considerado entre aplicações. As aplicações realizadas para controlar a ferrugem asiática da soja em parcelas com níveis elevados de severidade não promoveram retorno biológico e econômico, haja visto que a produtividade da cultura foi semelhante à testemunha sem controle (Godoy et al., 2009).

Considerando que o controle químico é parte dos componentes que garantem o rendimento da cultura do trigo, especialmente em anos favoráveis a epidemias de doenças foliares, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resposta da cultura do trigo a diferentes momentos de aplicação de fungicida (epoxiconazol + piraclostrobina) em duas cultivares com diferentes níveis de susceptibilidade às principais doenças foliares que ocorrem na cultura, bem como, definir o melhor momento de aplicação desta formulação para cada uma das cultivares, visando à minimização dos custos de produção.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante a safra de 2016 na área experimental da Fazenda Escola do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE), no município de Ponta Grossa, PR (Alt. 969 m, Lat. 25° 05' S, Long. 50° 09' W). O local apresenta clima do tipo Cfb, segundo a classificação climática de Köppen (Alvares et al., 2013), enquanto o solo preponderante da região estudada compreende latossolo vermelho

distrófico típico.

A semeadura foi realizada no dia 11/07/2016. A adubação e os tratos culturais não relativos ao manejo de doença foram realizados de acordo com as recomendações técnicas publicadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2016). O delineamento experimental foi o de parcelas subdivididas com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por doze linhas de semeadura, espaçadas 0,17 m entre si e com 5 m de comprimento, perfazendo uma área total de 10,2 m². A área útil da parcela foi definida descartando-se duas linhas de cada lateral e 0,50 m de extremidade.

As parcelas principais foram compostas por diferentes cultivares de trigo, sendo a TBIO Toruk e a Quartzo, as quais foram escolhidas em virtude da representatividade das mesmas em campos de produção comercial de trigo no Paraná. Ambas cultivares possuem ciclo médio (130 dias entre germinação e colheita), porte baixo, são resistentes ao acamamento e classificadas como moderadamente suscetíveis à ferrugem da folha e à mancha amarela.

Dentro das parcelas principais, sub-parcelas foram distribuídas, sendo os tratamentos compostos por quatro programas de aplicação de fungicidas, incluindo o tratamento testemunha absoluta, onde não se realizou o controle das doenças em questão (Tabela 1).

Esquema de pulverização*	Dose i.a.(g ha ⁻¹)	Estádios fenológicos* para pulverização	Total de pulverizações
Testemunha	-	-	0
Esquema 1	30 + 133	1º nó + emborrachamento + grão aquoso	3
Esquema 2	30 + 133	elongamento + florescimento	2
Esquema 3	30 + 133	emborrachamento + grão aquoso	2

* Opera® (Epoxiconazol + Piraclostrobina) foi o produto comercial utilizado no manejo das doenças. Estádios fenológicos, segundo Feeks e Large (1954).

Tabela 1. Programas de controle químico aplicados nas duas cultivares trigo, para o manejo da ferrugem da folha e mancha amarela. Ponta Grossa, PR.

O controle das doenças foi realizado com o produto comercial Opera® (BASF), juntamente com o óleo mineral Assist® (BASF) na dose de 0,5 L ha⁻¹. As pulverizações ocorreram mediante o uso de pulverizador costal pressurizado de CO₂, da marca Herbicat®, contendo quatro pontas de pulverização com jato plano (XR 8002/TEEJET), espaçados a 0.45 metros. A velocidade de aplicação foi de 4,5 km h⁻¹, de modo que o volume de calda do fungicida fosse de 200 litros por hectare. Todas as aplicações de fungicidas foram efetuadas no período da manhã, quando o regime de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento encontravam-se dentro de limites adequados para tanto.

O acompanhamento dos principais estádios fenológicos da cultura do trigo,

principalmente aqueles que defiram o momento das pulverizações, foi realizado seguindo a escala proposta por Feeks em 1940 e modificada por Large (1954) (Lima, 2002). Destaca-se que, ao longo do experimento, as únicas doenças observadas em níveis significativos foram a ferrugem da folha e a mancha amarela. Para ambas, a infecção ocorreu naturalmente devido à elevada pressão de inóculo na região de condução do ensaio.

A severidade das doenças baseou-se na análise visual dos sintomas típicos das doenças. Para a determinação da percentagem de área foliar lesionada por ferrugem da folha e para mancha amarela do trigo empregou-se as escalas diagramáticas propostas por Alves et al. (2015) e James (1971), respectivamente (Prestes 2011). As avaliações de severidade foram realizadas ao longo do estágio vegetativo das plantas de trigo em 20 plantas escolhidas aleatoriamente de cada unidade experimental. A média da severidade das plantas escolhidas foi considerada como sendo a média da doença na parcela. No estágio reprodutivo, a severidade das 20 plantas foi avaliada na folha bandeira, bandeira – 1 e bandeira – 2 e o valor médio das 3 folhas considerado como severidade média da parcela. As avaliações foram realizadas semanalmente a partir da identificação dos primeiros sintomas. O referido procedimento foi mantido até a maturação das plantas, caracterizada pela desfolha total. Sob posse dos dados de severidade coletados na área experimental, determinou-se a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).

Na maturação fisiológica, o procedimento de colheita das plantas de trigo ocorreu de forma semi-automatizada. Nesta etapa do experimento analisou-se a produtividade de grãos e a massa de mil grãos. Para determinação de produtividade avaliou-se o rendimento de grãos, em gramas, pesando-se a produção total de cada parcela e convertendo-a em quilogramas por hectare. A massa de mil grãos foi determinada pela contagem de 1000 grãos e sua pesagem efetuada por balança de precisão.

Para análise estatística dos dados experimentais, após emprego do teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos dados, procedeu-se à análise de variância com a aplicação do teste F. Sob existência de efeito de tratamentos, procedeu-se ao teste de Tukey para se comparar as médias de tratamentos ao nível α de significância de 5%. Com vistas a quantificação do impacto das doenças nas variáveis de produção, a análise de regressão linear foi realizada entre os dados de curva de progresso de ferrugem da folha (AACPFF), área abaixo da curva de progresso de mancha amarela (AACPMA), e as variáveis-resposta produtividade e massa de mil grãos. A magnitude das correlações foi caracterizada pelos valores de correção de Pearson. Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas reinantes durante o período de condução do experimento favoreceram a incidência de ferrugem da folha e de mancha amarela. Os primeiros sintomas

de ferrugem da folha foram observados no dia 04/10/2016 na cultivar Quartzo, enquanto que na cultivar TBIO Toruk os primeiros sintomas ocorreram em 11/10/2016. Já os sintomas de mancha amarela demoraram mais para se manifestar, tendo sido observados pela primeira vez em 18/10/2016 em ambas cultivares.

Para as variáveis-resposta produtividade e massa de mil grãos não houve interação significativa entre os fatores cultivar e momento de aplicação, evidenciando-se que há relação de independência entre os fatores estudados. Procedeu-se a análise de variância com aplicação do teste F e constatou-se que houve efeito significativo ($p < 0,05$) dos fatores estudados sobre a produtividade e o peso de mil sementes entre os genótipos de trigo considerados (Tabela 2).

Cultivar	MMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
TBIO Toruk	29,45 b	4591,46 a
Quartzo	30,85 a	3457,41 b
CV (%)	2,97	3,01

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 2 - Massa de mil grãos (MMG) e produtividade do trigo em função das cultivares empregadas. Ponta Grossa, PR, 2016.

A Tabela 3 evidencia que a cultivar TBIO Toruk apresentou média de produtividade significativamente superior em relação a cultivar Quartzo. Este resultado já era esperado, pois a primeira cultivar é campeã de produtividade no Estado do Paraná (Show Rural COOPAVEL, 2017). O contrário ocorreu em relação ao MMG, o qual foi maior para a cultivar Quartzo em decorrência do tamanho do grão.

Momento de aplicação	MMG (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Testemunha	26,57 c	2765,90 c
Momento 1	32,86 a	4676,57 a
Momento 2	29,36 b	4043,27 b
Momento 3	31,82 a	4612,01 a
CV (%)	2,97	503,01

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Momentos de aplicação: testemunha (sem pulverização), momento 1 (1° nó + emborrachamento + grão aquoso), momento 2 (elongamento + florescimento) e momento 3 (emborrachamento + grão aquoso).

Tabela 3 - Massa de mil grãos (MMG) e produtividade do trigo em função dos diferentes momentos de aplicação da mistura triazol + estrobilurina (epoxiconazol + piraclostrobina). Ponta Grossa, PR, 2016.

Quanto aos níveis do fator momento de aplicação, todos os tratamentos apresentaram produtividade e massa de mil grãos estatisticamente superiores ao tratamento testemunha

(Tabela 2). Os tratamentos com aplicações em 1º nó + emborrachamento + grão aquoso e emborrachamento + grão aquoso se mostraram iguais e superiores aos demais tratamentos, com produtividade, respectivamente, correspondentes a 40,86% e 40,01 % superiores ao tratamento testemunha, bem como 13,54% e 12,33% superiores ao tratamento alongamento + florescimento.

Em se tratando de momento de aplicação, o controle químico realizado em 1º nó não se justificou, uma vez que para produtividade e MMG o referido tratamento foi estatisticamente igual ao tratamento momento de aplicação durante os subperíodos emborrachamento + grão aquoso. Isto provavelmente se deve ao fato de as doenças estudadas não terem ocorrido inicialmente na área, pois as condições climáticas locais não foram favoráveis para a sua ocorrência e disseminação.

Já para as variáveis área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPFF) e de mancha amarela (ACPMA) foi observada interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores cultivar e momento de aplicação, indicando que a eficiência do controle químico foi dependente da cultivar avaliada e vice-versa.

Avaliando-se o comportamento das cultivares dentro dos níveis do fator momento de aplicação, constata-se que o valor de AACPFF foi menor na cultivar TBIO Toruk. Isso provavelmente deve-se ao fato da cultivar ser menos suscetível à doença em questão do que a cultivar Quartz (Figura 1).

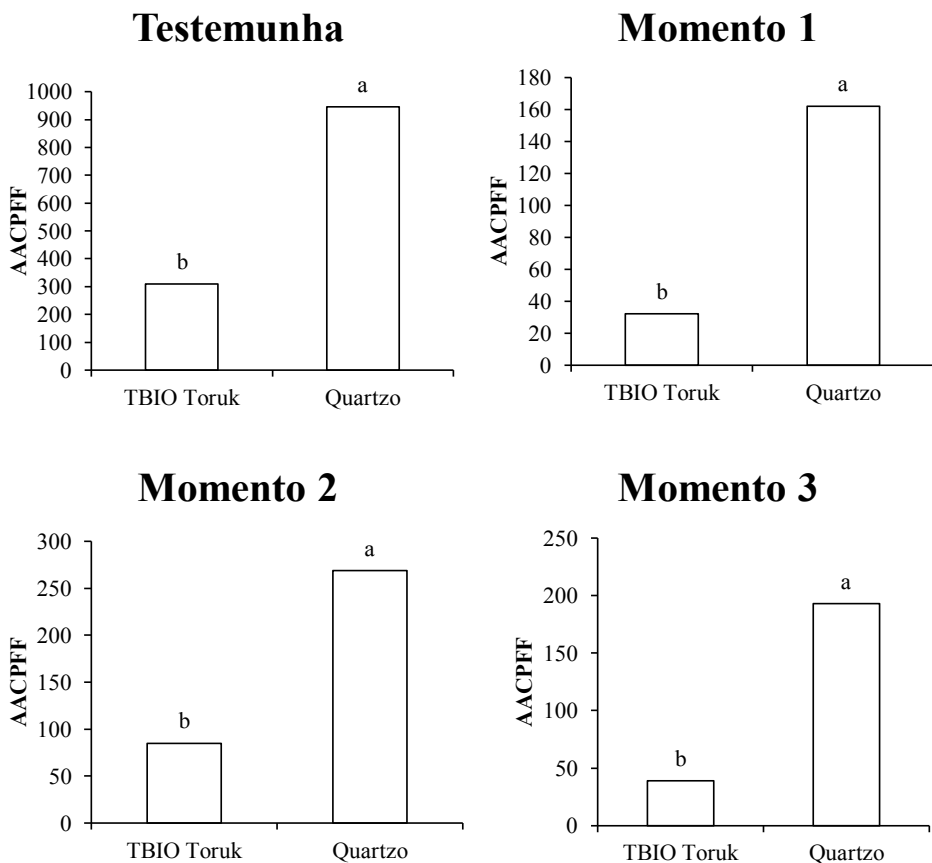


Figura 1 - Comparação das médias fator cultivar dentro dos níveis do fator momento para a área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPF). Testemunha; Momento 1 = 1º nó + emborrachamento + grão aquoso; Momento 2 = alongamento + florescimento; Momento 3 = emborrachamento + grão aquoso. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os valores de AACPMA para todos os tratamentos foram inferiores ao tratamento testemunha. O menor valor de AACPMA foi obtido no momento de aplicação 1º nó + emborrachamento + grão aquoso, sendo este o mais eficiente no controle da doença (Figura 2).

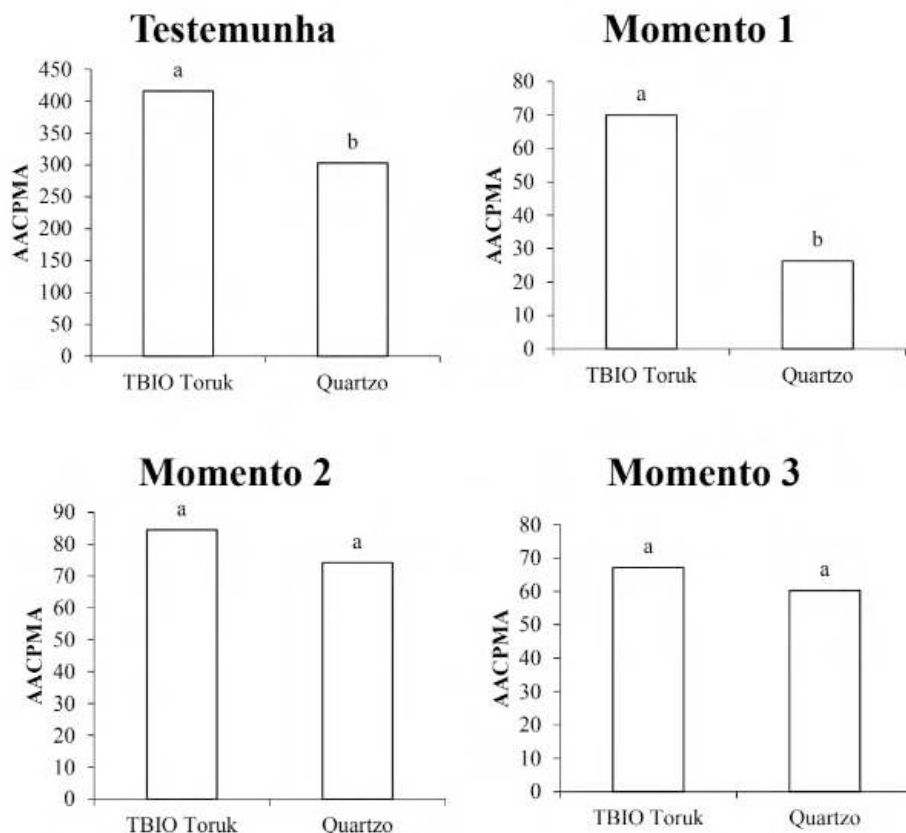


Figura 2 - Comparação das médias fator cultivar dentro dos níveis do fator momento para a área abaixo da curva de progresso de mancha amarela (AACPMA). Testemunha; Momento 1 = 1º nó + emborrachamento + grão aquoso; Momento 2 = alongamento + florescimento; Momento 3 = emborrachamento + grão aquoso.

Pela análise da Figura 3 é possível inferir que os todos os momentos de aplicação de epoxiconazol + estrobilurina foram iguais entre si e inferiores à testemunha para a variável AACPPF para as duas cultivares estudadas, o que confirma a eficiência de controle do fungicida utilizado.

A Figura 4 demonstra que todos os momentos de aplicação de epoxiconazol + estrobilurina foram iguais entre si e inferiores à testemunha para a cultivar TBIO Toruk. Porém, para a cultivar Quartz, o controle químico foi mais eficiente do que o tratamento testemunha para controlar mancha amarela, tendo sido o momento de aplicação 1º nó + emborrachamento + grão aquoso aquele que proporcionou melhor desempenho.

A existência de correlações lineares negativas entre AACPDs e produtividade das cultivares de trigo avaliadas foi detectada, tendo sido demonstrado que quanto maior foi a AACPD, menor foi a produtividade da cultura na região estudada.

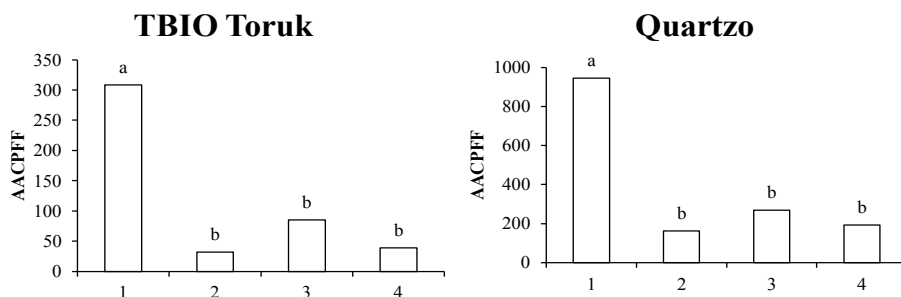


Figura 3 - Comparação das médias fator momento de aplicação dentro dos níveis do fator cultivar para a área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPF). 1= Testemunha; 2= 1º nó + emborrachamento + grão aquoso; 3= alongamento + florescimento; 4 = emborrachamento + grão aquoso. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

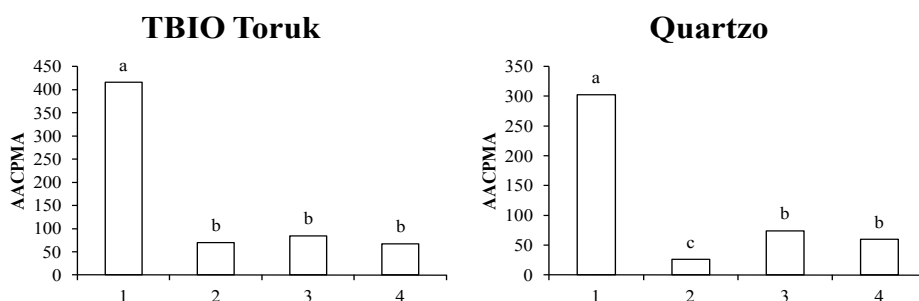


Figura 4 - Comparação das médias fator momento de aplicação dentro dos níveis do fator cultivar para a área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPM). 1= Testemunha; 2= 1º nó + emborrachamento + grão aquoso; 3= alongamento + florescimento; 4= emborrachamento + grão aquoso. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Pela análise de correlação de Pearson elaborada para investigar a relação de dependência entre as variáveis-resposta rendimento da cultura (produtividade e MMG) e o fator severidade das doenças estudadas (AACPF e AACPM), correlações moderadas a muito fortes foram encontradas entre tais variáveis. Sob os confrontos entre AACPF e produtividade, AACPF e MMG, AACPM e produtividade, AACPM e MMG, os coeficientes de correlação foram -0,89, -0,52, -0,65 e -0,85, respectivamente. Os referidos índices estatísticos indicam que as reduções na produtividade e MMG são proporcionadas pelo aumento da AACPF e/ou AACPM. Estes resultados são corroborados pela associação existente entre AACPF e AACPM, expressa por um coeficiente de correlação da ordem de 0,61.

Variáveis	R ²	r
AACPFF x Produtividade	0,79	-0,89
AACPFF x PMG	0,27	-0,52
AACPMA x Produtividade	0,42	0,65
AACPMA x PMG	0,72	-0,85
AACFF x AACMA	0,37	0,61

Tabela 3 - Coeficientes de determinação (R²) e correlação de Pearson (r) entre as variáveis área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha (AACPFF), área abaixo da curva de progresso de mancha amarela (AACPMA), produtividade e massa de mil grãos (MMG). Ponta Grossa, PR, 2016.

CONCLUSÕES

A testemunha apresentou o maior índice de severidade de doenças, revelando que as cultivares responderam à aplicação de fungicida para o controle de ferrugem da folha e mancha amarela.

Em geral, a aplicação em primeiro nó não se reverteu em vantagem econômica, pois a produtividade, a massa de mil grãos e a área abaixo da curva de progresso de ferrugem da folha nas duas cultivares não apresentaram diferenças significativas perante os momentos de aplicação de fungicidas.

O melhor momento de aplicação do fungicida estudado foi emborrachamento + grão aquoso, o qual promoveu maior produtividade da cultura e controlou melhor as doenças, juntamente com o momento de aplicação 1º nó + emborrachamento + grão aquoso, porém com uma aplicação a menos de modo a reduzir o custo de produção.

O uso de fungicidas reduz a severidade de doenças e evita perdas de produtividade e qualidade provocadas por incidência de doenças foliares no trigo, especialmente em cultivares suscetíveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Jaqueline Jaguela pela condução do experimento e elaboração de seu Trabalho de Conclusão de Curso, ao pessoal de apoio do CESCAGE, a FA e FAPESP pela concessão de bolsas em pesquisa para realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

BACALTCHUK, B.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M.; COSTAMILAN, L. M. MACIEL, J. L. N.; SALVADORI, J. R.; GAMBATTO, A. Características e cuidados com algumas doenças de trigo. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo, 13 p., 2006.

BARROS, B. C.; CASTRO, J. L. de; PATRICIO, F. R. A. Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao controle químico das principais doenças fúngicas da cultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 239-246, 2006.

BOHATCHUK, D. A.; CASA, R. T.; BOGO, A.; KUHNEM JUNIOR, P. R.; REIS, E. M.; MOREIRA, E. N. Modelo de ponto crítico para estimar danos de doenças foliares do trigo em patossistema múltiplo. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 363-369, 2008.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/2021**: décimo segundo levantamento. Brasília. v. 3, n. 12. p. 1-182, set. 2020.

DEBONA, D.; FAVERA, D. D.; CORTE, G. D.; DOMINGUES, S. L.; BALARDIN, R. S. Controle químico da ferrugem da folha em cultivares de trigo submetidas a diferentes níveis de adubação nitrogenada. **Revista da Fzva**, Uruguaiana, v. 16, n. 1, p.52-65, 2009.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 056-061, 2009.

KHAN, M. A.; TREVATHAN, L. E.; ROBBINS, J. T. Quantitative relationship between leaf rust and wheat yield in Mississippi. **Plant Disease**, Mississippi, v. 81, n. 4, p. 769- 772. 1997.

LAU, D.; SANTANA, F. M.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M.; COSTAMILAN, L. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M. Doenças de trigo no Brasil. In: PIRES J. L. F. VARGAS, L. CUNHA G. R. (Eds.). **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 12. p. 283-323.

LIMA, M. I. P. M. **Métodos de amostragem e avaliação de giberela usados na Embrapa Trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. (Embrapa Trigo. Documentos Online; 27). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do27.htm. Acesso em 09 abr. 2017.

NAVARINI, L. & BALARDIN, R. S. Doenças foliares e o controle por fungicidas na produtividade e qualidade de grãos de trigo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.4, p.294-299, 2012.

PINTO, F. F.; UEBEL, J. D.; FOGGIATO, L.; EBONE, A.; SERAFINI, P. T.; DALLA FAVERA, D. BALARDIN, R. S. **Resposta de cultivares ao controle erradicante da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*)**. In: Congresso Brasileiro de Soja. Cuiabá, MT, 2012.

PRESTES, A. M. Manchas foliares de plantas de plantas de trigo. In: CUNHA, G. R. (Ed.). **Trigo no Brasil**: História e tecnologia de produção. Passo Fundo: Embrapa, 2011. Cap. 13, p. 127-137.

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BIANCHIN, V. DANIELLI, A. L. Manejo integrado de doenças do trigo. In: SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T. (Eds.). **Sistemas de produção para cereais de inverno sob plantio direto no sul do Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2010. Cap. 6. p. 161-206.

Show Rural COOPAVEL. **Safra trigo 2016**: maior produtividade reduz custo por hectare. 2017. Disponível em: <http://www.showrural.com.br/inovacao/safra-trigo-2016-maior-produtividade-reduz-custo-por-hectare/>. Acesso em 28 abr. 2017.

SOUZA, L. L. P. de. **Efeito do momento de aplicação de fungicida e da época de semeadura no controle da ferrugem asiática da soja**. 2015. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

TORMEN, N. R.; LENZ, G.; MINUZZI, S. G.; UEBEL, J. D.; CEZAR, H. S.; BALARDIN, R. S. Reação de cultivares de trigo à ferrugem da folha e mancha amarela e responsividade a fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, p. 239-246, 2013.

LA PLURIACTIVIDAD CARACTERISTICA EN LA AGRICULTURA CAMPESINA FAMILIAR Y COMUNITARIA EN COLOMBIA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 25/04/2022

Ruben Dario Ortiz Morales

Parque Científico de Innovación Social-
UNIMINUTO, Ingenieros Sin Fronteras
Colombia, Bogotá D.C
<https://orcid.org/0000-0002-6881-3329>

Arlex Angarita Leiton

Corporación Universitaria Minuto de
Dios- UNIMINUTO, Coordinador de la
Especialización en Agricultura Familiar, Bogotá
D.C
<https://orcid.org/0000-0002-3703-6491>

RESUMEN: La Agricultura Familiar- AF ha venido evolucionando y posicionándose en las dos últimas décadas y ganado espacios en las agendas de políticas, públicas en el caso colombiano un ejemplo es la resolución 464 del 2017 del Ministerio de Agricultura a través de la cual se adoptan los lineamientos en esta materia, y permite además comprender la complejidad de esta categoría, pues va más allá de lo meramente agropecuario. Este proceso ha permitido comprender que las dinámicas territoriales varían de acuerdo a los intereses socioeconómicos y ambientales de los agricultores familiares y que el mercado impone: Analizar de manera individual o colectiva sus procesos implícitos, permitiendo identificar que una de las características de las familias campesinas es la pluriactividad con la cual se configura sus medios de vida. La pluriactividad

en la agricultura familiar está referida a las actividades extraprediales que sus integrantes desarrollan, por ejemplo, desarrollar artesanías o ser empleados, implementar rutas agro turísticas, actividades comerciales ocasionales o desarrollar procesos de transformación de los alimentos cultivados. De esta manera la pluriactividad se ha venido observando como un “nuevo capital financiero y cultural para el desarrollo rural” íntimamente ligado a la agricultura familiar y la vida rural, y cada vez más integrantes de las familias agricultoras se unen a estos procesos como mecanismos de subsistencia o de ampliar sus oportunidades económicas y de empleo. La presente investigación busca analizar los elementos de la pluriactividad que son propios de la Agricultura Familiar-AF, a partir de un estudio de caso el colectivo campesino denominado “minga” ubicados en las veredas el Chuscal y Centro Alto del municipio de Sopó Cundinamarca. La metodología implementada correspondió a un proceso que reúne elementos cualicuantitativos. En primera instancia se realizó una revisión literaria de los elementos de la pluriactividad y su relación con la AF, posteriormente se constató dichos elementos con el estudio de caso, implementando técnicas de recolección de información como: entrevistas semiestructuradas, encuestas y procesos de observación. Esto permitió concluir que las familias pertenecientes al colectivo denominado “minga” son pluriactivas, de esta manera, algunos integrantes de estas familias han podido mejorar sus condiciones de vida, generando nuevos ingresos económicos, que a su vez los está aislando de la labor propia de la agricultura familiar a pesar de que un

porcentaje del ingreso es reinvertido al sistema productivo.

PALABRAS CLAVE: Agricultura Familiar, minga, Pluriactividad

ABSTRACT: Family Farming has been evolving and positioning itself in the last two decades and gaining spaces in policy agendas, public in the Colombian case an example is the resolution 464 of 2017 of the Ministry of Agriculture through which the guidelines on this matter are adopted, and also allows to understand the complexity of this category, as it goes beyond the merely agricultural. This process has made it possible to understand that territorial dynamics vary according to the socioeconomic and environmental interests of family farmers and that the market imposes: To analyze individually or collectively their implicit processes, making it possible to identify that one of the characteristics of farming families is the pluriactivity with which their livelihoods are configured. Pluriactivity in family farming refers to the extra-industrial activities that its members carry out, for example, developing handicrafts or being employees, implementing agro-tourist routes, occasional commercial activities or developing processes for the transformation of cultivated foodstuffs. In this way, pluriactivity has been observed as a “new financial and cultural capital for rural development” closely linked to family farming and rural life, and more and more members of farming families are joining these processes as mechanisms for subsistence or to expand their economic and employment opportunities. This research seeks to analyze the elements of pluriactivity that are typical of Family Farming-FA, based on a case study of the peasant collective called “minga” located in the villages of El Chuscal and Centro Alto in the municipality of Sopó, Cundinamarca. The methodology implemented corresponded to a process that gathers qualitative and quantitative elements. In the first instance, a literary review of the elements of pluriactivity and its relationship with PA was carried out, and then these elements were verified with the case study, implementing information-gathering techniques such as semi-structured interviews, surveys and observation processes. This allowed us to conclude that the families belonging to the collective called “minga” are pluriactive, in this way, some members of these families have been able to improve their living conditions, generating new economic income, which in turn is isolating them from the work of family agriculture despite the fact that a percentage of the income is reinvested in the productive system.

KEYWORDS: Family Farming, minga, Pluriactivity.

INTRODUCCIÓN

La ruralidad hasta ahora ha considerada desde una visión muy centrada en aspectos productivos del sector primario de la economía, aislada del desarrollo del mundo urbano y de los modos de producción priorizados por elites del mercado global (agrícola empresarial y capitalista), sesgando la participación de los productores de pequeña y mediana escala (Ploeg, 2008). Es por ello que la Agricultura Familiar- AF de acuerdo con Acevedo *et al.* (2018), parte desde lo conceptual de una serie de construcciones teóricas recientes, sin embargo, desde la práctica tiene una connotación antigua, con particularidades que la constituyen como una nueva categoría política, socialambiental y cultural que necesita ser estudiada a profundidad.

La Agricultura Familiar se entiende como una categoría de estudio de agricultura tradicional, que ha venido evolucionando conceptualmente junto con sus actores, y que cuenta con una serie de características que han sido poco estudiadas, en relación con el rol del campesinado, la visión simplista agropecuaria de este y la vida rural asociada a la producción de alimentos (Ortiz y Angarita, 2021).

Para la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO (FAO, 2012), ha definido la AF como:

“La producción agrícola, pecuaria, forestal, pesquera y acuícola que, pese a su gran heterogeneidad entre países y al interior de cada país, posee las siguientes características principales: Acceso limitado a recursos de tierra y capital. Uso preponderante de fuerza de trabajo familiar, siendo el (la) jefe(a) de familia quien participa de manera directa del proceso productivo; es decir, aun cuando pueda existir cierta división del trabajo, el (la) jefe(a) de familia no asume funciones exclusivas de gerente, sino que es un trabajador más del núcleo familiar. La actividad agropecuaria/silvícola/pesquera/acuícola es la principal fuente de ingresos del núcleo familiar, que puede ser complementada con otras actividades no agrícolas que se realizan dentro o fuera de la unidad familiar “(p.6).

La anterior definición permitió un mejor posicionamiento de este sector en las agendas de los gobiernos, a través de políticas agrícolas, ambientales y sociales, identificando desafíos y oportunidades. En el año 2014 se proclamó a través de las Naciones Unidas como el Año Internacional para la Agricultura Familiar, permitiendo generar espacios de trabajo a nivel internacional y para que las Oficinas Regionales adelantaran acciones, por lo que la oficina regional de FAO para América Latina y el Caribe trabajó con los países miembros en la elaboración de un Marco Estratégico de Mediano Plazo de Cooperación (FAO, 2014).

En Colombia se empezó a tomar importancia por el tema de AF en las agendas políticas a raíz de los acontecimientos sociales importantes que estaban sucediendo y que tienen relación directa con el contexto rural, tales como las estrategias para la formulación y adopción de políticas y programas para aumentar la producción de bienes y servicios provenientes de la AF de manera sostenible en países de América Latina y el Caribe, lo cual, sumado a la fuente presión y participación activa y proactiva de organizaciones de la sociedad civil permitió establecer la Resolución Ministerial 464 de 2017, con la cual se establecen los Lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria (ACFC).

En el contexto normativo colombiana plasmado en la Resolución 464 del 2017 se ha establecido la categoría de Agricultura Campesina Familiar y Comunitaria (ACFC), en la cual se reconoce el papel de las actividades agropecuarias en las economías territoriales de tipo campesino y comunitario, sin la exclusión de otras actividades, prevaleciendo sistemas de relacionamiento y de reciprocidad, cooperación y solidaridad, desarrollando actividades que se fundamentan en el trabajo y aprovechamiento de la mano de obra familiar y comunitario (MinAgricultura, 2017), Para lo cual en Colombia se ha definido a la ACFC como:

como el sistema de producción y organización gestionado y operado por mujeres, hombres, familias, y comunidades campesinas, indígenas, negras, afrodescendientes, raizales, y palenqueras que conviven en los territorios rurales del país. En este sistema se desarrollan principalmente actividades de producción, transformación y comercialización de bienes y servicios agrícolas, pecuarios, pesqueros, acuícolas y silvícolas; que suelen complementarse con actividades no agropecuarias. Esta diversificación de actividades y medios de vida se realiza predominantemente a través de la gestión y el trabajo familiar, asociativo o comunitario, aunque también puede emplearse mano de obra contratada. El territorio y los actores que gestionan este sistema están estrechamente vinculados y co-evolucionan combinando funciones económicas, sociales, ecológicas, políticas y culturales (p.13)

El concepto de AF se ha venido expresando como una necesidad, reconociendo que bajo este concepto se encuentra parte importante de la producción alimentaria a nivel mundial, los actores de pobreza rural, las tradiciones culturales y la identidad que aún prevalece de los pueblos, la preservación y conservación de la biodiversidad, más allá de los gustos y preferencias de los consumidores y del mercado en general (FAO, 2014).

Ahora bien, uno de los principales retos de esta resolución es lograr caracterizar, quienes son objeto de la política pública en la agricultura familiar. Por lo que esta investigación busca ubicar los participantes que hacen parte del colectivo denominado “minga” como población de estudio, para la categorización y aplicabilidad de los criterios descritos en la norma. Sin embargo, esta categorización por sí sola, no puede ser considerada como una determinación absoluta de la agricultura familiar, por lo cual el estudio busca abarcar otros elementos que profundicen a la caracterización de esta población, ya que según, (Ploeg, 2008; Sánchez, Suárez, y Sangerman, 2017), la agricultura campesina o familiar, tiene una serie de racionalidades, en su producción agrícola, pero además en su relación con la sociedad y la naturaleza, que los diferencian claramente de otros tipos de agriculturas como las capitalistas o empresariales.

Una de estas racionalidades está referida a la importancia del empleo rural no agrícola, lo cual es un aspecto ampliamente reconocido. Estudios de caso de países, ilustran que la participación del ingreso no agrícola en el ingreso total del hogar fluctúa entre 30% y 40%, con una tendencia al incremento (FAO, 2004, P.92). Sánchez, Suárez, y Sangerman (2017), plantea que en un entorno capitalista donde todo circula a través de la inversión y ganancias, la pluriactividad puede presentarse como una alternativa que posee el pequeño productor para generar ingresos, pero que, finalmente serán reinvertidos en las mismas actividades agropecuarias, siendo esta una actividad central en la economía de la familia y que a la vez se convierte en un mecanismo de subsistencia frente a los bajos precios de los productos del mercado.

Ploeg (2008), expresa que con “estas nuevas expresiones de polivalencia surgen nuevas maneras de integración, cohesión y entendimiento mutuo que vinculan las nuevas maneras de la agricultura con la sociedad. Es decir, se está desplegando un nuevo capital

financiero y cultural “(p.182). Pero que además de incluir actividades no agrícolas también puede incluir actividades no monetizadas dentro de la propiedad o fuera de ella, que sean ejercidas por personas pertenecientes a la misma familia y que tengan residencia en el establecimiento rural según indica Silva (2010).

El objetivo de la investigación se orientó hacia el análisis de los elementos de la pluriactividad relacionados con la AF bajo un estudio de caso, y que a través de la misma se quiere resaltar otras actividades económicas, monetizadas o no, que aportan a la subsistencia del campesinado, y que bajo estudios concretos de autores como Chayanov (1966), Ploeg (2008) y Grammont y Martínez (2009) han concebido a la agricultura familiar como una estrategia que articula diversas fuentes de ingresos, es una agricultura menos dependiente del mercado ya que en ella se fabrican o generan parte de sus propios insumos, siendo más autónoma y eficiente.

Este estudio, toma como base de trabajo al colectivo denominado “minga” en las veredas el Chuscal y Centro Alto en el municipio de Sopó Cundinamarca-Colombia, bajo el supuesto que los participantes pueden ejemplificar un caso de agricultura familiar con elementos claros de la pluriactividad, pero que, además con el mismo se puede realizar aportes desde una visión integradora y articuladora de la organización social, los simbolismos y desarrollo comunitario autogestionado. El estudio busca rescatar y validar dichos elementos propios de la Agricultura Familiar presentes en este colectivo.

Del cómo esta comunidad ha adoptado, reconstruido y/o transformado dichos conceptos, y del porque estas prácticas resultan emergentes como una característica propia de la condición campesina, entendida como un término moderno y cambiante en el tiempo, que responde a “la lucha por la autonomía y subsistencia dentro de un contexto de privación y dependencia” de los campesinos, en ambientes hostiles (Ploeg, 2008).

Por consiguiente, la investigación y la metodología propuesta pretenden realizar aportes conceptuales y a su vez se busca que sirva de referencia para futuras investigaciones que tengan un símil objeto de investigación o como referencia para futuras modificaciones.

METODOLOGÍA

La investigación consistió en un estudio de caso con el objetivo de analizar los elementos de la pluriactividad de la Agricultura Familiar-AF, presentes en el colectivo denominado “Minga” en las veredas el Chuscal y Centro Alto en el municipio de Sopó Cundinamarca en Colombia.

El trabajo se enfocó en la caracterización de la agricultura practicada por un colectivo conformado por 20 agricultores en las veredas el Chuscal y Centro Alto en el municipio de Sopó Cundinamarca, tomando como muestra 10 agricultores en los que se aplicó los instrumentos y técnicas pertenecientes a una investigación mixta (cualitativa-cuantitativa).

El procedimiento se desarrolló en dos (2) fases: la primera orientada a identificar

los elementos propios de la pluriactividad y su relación con la agricultura familiar, que permita orientar el análisis de la minga, y la segunda en describir los elementos de la pluriactividad presente en el colectivo denominados “Minga”, que permitan ampliar la discusión relacionada con la agricultura familiar.

Fase 1: Identificar los elementos propios de la pluriactividad y su relación con la agricultura familiar, que permitan orientar el análisis en el contexto del colectivo minga

Como primera instancia en el presente trabajo se realizó el ejercicio de recopilar la información secundaria (libros, artículos científicos e informes, entre otros) que permitieron abordar conceptualmente la pluriactividad, agricultura familiar y minga, para posteriormente diseñar una matriz donde se documentó la información encontrada en cada uno de los conceptos en las dimensiones socio-cultural, ambiental, económico-productiva y político, permitiendo identificar los conceptos claves para diseñar los instrumentos de campo para la recolección de información.

Fase 2: Describir los elementos de la pluriactividad y multifuncionalidad presente en el colectivo denominados “Minga”, que permitan ampliar la discusión relacionada con la agricultura familiar

Se realizó visitas de campo en los días que el colectivo tenían programado reunirse los agricultores con el propósito inicial de generar la confianza en los productores hacia los investigadores, donde se expuso los objetivos y solicitando el consentimiento y autorización en desarrollar el presente estudio de caso, en este espacio (minga), y posteriormente se aplicó las técnicas y métodos de recolección de información mixta (cuantitativas-cualitativas). El desarrollo de la metodología se inició con la descripción general y reconocimiento de las familias que hacen parte del colectivo, donde se construyó los instrumentos de campo tomando como referencia elementos de la metodología desarrollada por Ácevedo y Angarita (2013) en el texto “Metodología para la Evaluación de Sustentabilidad a partir de Indicadores Locales para la Planificación y Monitoreo de Programas Agroecológicos - MESILPA”, permitiendo aplicar las técnicas de la observación participante, entrevista semi-estructurada y encuestas para la recolección de información de agricultores familiares presentes en el colectivo denominado minga, con el propósito de recolectar información y establecer la relación de los elementos identificados asociados al abordaje conceptual realizado en la primera fase.

RESULTADOS ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Resultado fase 1: Identificar los elementos propios de la pluriactividad y su relación con la agricultura familiar. que permita orientar el análisis en el contexto del colectivo minga

De acuerdo con Maranto y González (2015), la información primaria permite conocer

hechos o fenómenos a partir datos recopilados o documentados por otros, posibilitando al investigador adquirir conocimientos sobre un determinado tema, o en este caso un problema de estudio.

Esta primera fase permitió analizar y entender las características o elementos de la pluriactividad, que fueron identificas a lo largo de la información primaria, a través de fuentes como artículos científicos, libros, capítulos de libros, e informes entre otros. Las fuentes corresponden a autores de referencia nacional e internacional, permitiendo así realizar un análisis general y posteriormente relacionar los elementos conceptuales que hacen parte de la pluriactividad en paralelo a las características descritas para a AF y el colectivo minga, que fueron organizadas de acuerdo con sus características en 5 dimensiones como se observa en tabla 1 (sociocultural, ambiental, económico, productivo y político) existiendo una correlación.

Dimensiones	Pluriactividad en sistemas agropecuarios	Minga	Agricultura Familiar
Socia-Cultural	- Fomenta nuevas formas de cooperación. - Pluriactividad prevale cuando existe una diferenciación de grado de escolaridad de los integrantes de la familia. - En la mayoría de los casos se presenta por la diferenciación de edades. - Pluriactividad se genera por situaciones de: riesgo o estrategia de adaptación en oportunidades económicas. - No es un recurso ocasional o temporal para la familia, resultando en una estrategia planeada.	- Trabajo solidario - Producción de subsistencia comunal. - Realizan y enseñan prácticas culturales (ancestrales que son transmitidas oralmente y en la práctica (intercambio de saberes). - La minga contribuye la autonomía alimentaria - Es un medio para la recuperación del territorio visto desde medio de vida. - Es un espacio donde se organizan para tomar decisiones colectivas. - Prevalece sentimientos, valores y compromisos de solidaridad, amistad, reciprocidad y responsabilidad. - La persona participante presta su trabajo, y a su vez recibe su ayuda equivalente o superior realizado. - En los espacios prevalece la igualdad de condiciones "todos somos iguales"	- Vivir en un perímetro funcional a la finca, o territorio colectivo, del cual desarrolla sus actividades como agricultor familiar - Existen distintas agriculturas campesinas, familiares y comunitarias dependiendo de las particularidades territoriales (sistemas productivos predominantes, aspectos culturales o socioeconómicos, entre otras). - Desarrollan asociaciones comunitarias o emprendimientos entre la familia. - La tierra y el trabajo rural es una reproducción social y económica. - Contribuye a la soberanía alimentaria - Dinamiza el desarrollo en el territorio, mediante construcciones de tejido social. - El predio es suficiente para proveer al sustento de una familia - El jefe del hogar es quien administra el sistema productivo - Existe equilibrio entre emprendimiento y familia. - Administra, controla y protege sus recursos: tierra, animales, material genético y maquinarias, y sabe cómo son sus interacciones entre sí - Fortalece la economía rural local. - Fomentar sus procesos de aprendizaje mediante el traslape de ellos a las futuras generaciones.

Ambiental		La minga es un espacio que permite la conservación y trueque de semillas y técnicas tradicionales de cultivos.	Predio es un espacio de producción y relacionamiento socio ambiental, comprendiendo y entendiendo la relación medioambiental
Económico	- Contribuye a que las familias pertenezcan a redes de producción, consumo y comercialización a nivel local y regional. - Desarrollan actividades agrícolas y no agrícolas como medios de subsistencia. - Se da cuando al menos un (1) integrante de la familia ejerce actividades no agropecuarias. - Permite generar estrategias de crecimiento económico a través de la diversificación de actividades que exploten al máximo las posibilidades del entorno rural. - Fomentar el empleo rural. - Permite establecer una relación con el procesamiento de materias primas y la construcción de un relacionamiento con los consumidores.	- Se realiza labores de cooperación de manera voluntaria. - Desarrollan actividades no únicamente para producir alimentos, sino también para mejorar las condiciones del hábitat como establecer caminos, construcción de obras, casas comunitarias, acueductos, puentes, reforestaciones, mantenimiento de vertientes de agua y otras actividades	- Agropecuaria es su principal actividad económica - Desarrollan actividades complementarias (pluriactivos) para su sustento como: negocios verdes, agroturismo, transformación de productos entre otros - Sus predios son de pequeña y mediana escala. - La mayoría de los sistemas productivos se establecen bajo la diversificación de cultivos. - Los integrantes de la familia son su principal mano de obra familiar.
Político	Los integrantes de las familias al ser pluriactivos participan en varias redes u organizaciones de acuerdo a sus actividades económicas, incidiendo en las posibilidades de la toma de decisiones del territorio.	Generan mecanismo de resistencia para la defensa y lucha Integral del Territorio, derechos y deberes para el campesinado.	- Los Agricultores familiares establecen redes y organizaciones, permitiendo generar procesos de gestión territorial y políticos. - Las organizaciones ACFC establecen su estructura organizacional y operativa.

Productivo	El tamaño de tierra permite ampliar la gama de actividades productivas para los integrantes de la familia.	Se desarrollan sistemas de economía solidaria y justa (todos ganan).	- En Colombia su área de la unidad productiva debe ser hasta una Unidad Agrícola Familiar. - Contar con los recursos necesarios tierra e insumos para desarrollar sus actividades.
-------------------	--	--	---

Tabla 1. Elementos conceptuales dimensionales de la Pluriactividad, Minga y Agricultura Familiar

Fuente, Autores (2021).

Desde la *dimensión socio-cultural* se analiza el aporte de la construcción del tejido social y cultural del territorio, generando una identidad territorial social, además de fortalecer un sentido de apropiación y de transmisión de conocimientos locales a nuevas generaciones; La *dimensión ambiental* relacionada a los servicios de regulación ambiental, con la preservación de la diversidad, además del aprovechamiento de los recursos naturales; la *dimensión económica* centralizando las actividades del agricultor familiar relacionadas con la producción, distribución y el consumo de bienes y servicios, así como la relación de las actividades agrícolas y no agrícolas; la *dimensión productiva* en la capacidad de producir bienes y servicios y la *dimensión política* refiere a la participación de los agricultores individualmente o siendo parte de una asociación o gremio en la toma de decisiones de la gestión territorial (Acevedo y Angarita, 2015; Samper, 2016).

Fase 2: Describir los elementos de la pluriactividad presentes en el colectivo denominado “Minga”, que permitan ampliar la discusión relacionada con la Agricultura Familiar

En este apartado se analizan las características generales de las las 10 familias que hacen parte del colectivo denominado minga, seguidamente se describirá los elementos que hacen parte de la pluriactividad relacionados con la Agricultura Familiar y que prevalecen en este estudio de caso, de acuerdo con los criterios definidos en la resolución 464 (Minagricultura, 2017). Para la categoría de pluriactividad se analiza el proceso desde la dimensión económica y productiva del colectivo. Ariza, Bokelmann y Ramírez (2017), afirman que la pluriactividad se ha estructurado desde la perspectiva económica, con el interés de identificar la generación de ingresos de las actividades agrícolas y no agrícolas.

Generalidades de los sistemas productivos en las familias del colectivo Minga

7 de los 10 sistemas productivos vinculados al estudio poseen una extensión entre 240 m² a 10.000 m² y 3 son >10.000 m² como se puede apreciar en la tabla 2.

De acuerdo con lo anterior las familias tienen en promedio un área de 1.3 Ha, de las cuales el 60% no superan los 4.000 m². De acuerdo con la resolución 041 de 1996 que determinar el área correspondiente a una Unidad Agrícola Familiar- UAF, para el municipio de Sopó Cundinamarca, por sus características geográficas una UAF debe estar entre 12 y 16 Ha. Lo anterior permite establecer que las familias que hacen parte de este estudio cumplen con uno (1) de los cuatro (4) criterios establecidos en la resolución 464 del 2017

para determinar si un productor se puede categorizar como ACFC, donde el área de la unidad productiva no puede exceder a una (1) UAF (MinAgricultura, 2017).

UPA/ Familia	Área total de los sistemas productivos (m2)	Área Construida (m2)	Área Agrícola (m2)	Área Forestal (m2)	Área Conservación (m2)	Área Pecuaría (m2)	Área cuerpos de agua (m2)	Otros Usos (m2)
1	18.800	100	275	300	0	17.300	21	804
2	1.497	140	650	300	0	32	0	375
3	240	140	100	0	0	0	0	0
4	1.533	105	0	300	0	1.128	0	0
5	60.000	120	4.880	0	20.000	35.000	0	0
6	2.800	80	1.000	80	0	0	40	1.600
7	30.000	200	10.000	10.000	5.000	0	0	4.800
8	10.000	70	2.000	7.930	0	0	0	0
9	2.800	120	1.960	0	0	0	6	714
10	3.864	64	200	0	200	3.400	0	0
Suma (m2)	131.534	1.139	21.065	18.910	25.200	56.860	67	8.293
Promedio (Ha)	131534	0,01139	0,21065	0,1891	0,252	0,5686	0,00067	0,08293
Porcentaje (%)	100,00	0,87	16,01	14,38	19,16	43,23	0,05	6,30

Tabla 2 Uso y áreas de los sistemas productivos de las familias que hacen parte de la minga.

Fuente, Autores (2021).

Analizando la distribución y funcionalidad del área de los sistemas productivos de los agricultores familiares, se encontró que el 43,23% se encuentra destinados al desarrollo de actividades pecuarias, sin embargo, esto es representativo solo para 5 de los 10 sistemas participantes del estudio, encontrándose sistemas productivos de ganado bovino para la producción de leche, ovinos para la producción de lana, aves de postura y engorde, producción de conejos y cuyes. Se identifican áreas de conservación correspondientes al 19.16%, también sistemas agrícolas con el 16,01% en los cuales están compuestos por policultivos como hortaliza de hoja, tubérculos, y frutales, entre otros. Se logra identificar que el 14.38% corresponde a áreas destinadas para sistemas forestales incluyendo cercas vivas, cultivos de madera y leña, y el 0.05% para cuerpos de agua que son protegidos.

La amplia gama de componentes que constituyen los sistemas productivos de las familias integrantes del colectivo minga, empiezan a reflejar la perspectiva de la pluriactividad no solo económica, sino también cultural y ecológica- ambientales, coincidiendo con lo expuesto por Collin y Cano (2016).

Descripción de elementos de la pluriactividad de la AF presentes en el colectivo denominado minga, en relación con la categoría de Agricultura Campesina Familiar y Comunitaria - ACFC

De acuerdo con la resolución 464 del 2017 del Ministerio de Agricultura de Colombia, existen criterios que permite denominar a un agricultor como Agricultor Campesino Familiar y Comunitario los cuales son referenciados a continuación:

- 1) Predominio de la actividad económica agropecuaria, desarrollada en forma directa.
- 2) Uso predominante de la mano de obra familia o comunitario, esta debe ser mayor o igual al 50% de la fuerza de trabajo de la Unidad productiva.
- 3) Área de la unidad productiva hasta una (1) UAF
- 4) Residir o vivir dentro de un perímetro funcional a la finca, o territorio colectivo, del cual se derivan sus medios de vida.

A partir de lo anterior y de acuerdo con lo que expone Pescio y Román (2015) quien plantea que la pluriactividad permite a las familias campesinas estar en una serie de redes de producción, consumo y comercialización gracias a las distintas formas laborales que éstas emprenden, permitiendo relacionar los elementos de la pluriactividad en las dimensiones económicas y productivas y al mismo tiempo constatarlas respecto a las características de la AF, de esta manera, en la información a ser analizada se establecen dos características principales identificadas de la pluriactividad asociada con la agricultura familiar, pero no siendo las únicas (figura 1), la primera relacionada con las **actividades económicas realizadas con la familias agrícolas y no agrícolas**, para la obtención de ingresos monetarios, y la segunda, vista desde el enfoque de lo económico, **pero no necesariamente referida a ingresos monetarios o capitales** como lo mencionan también Collin y Cano (2016) en su estudio.

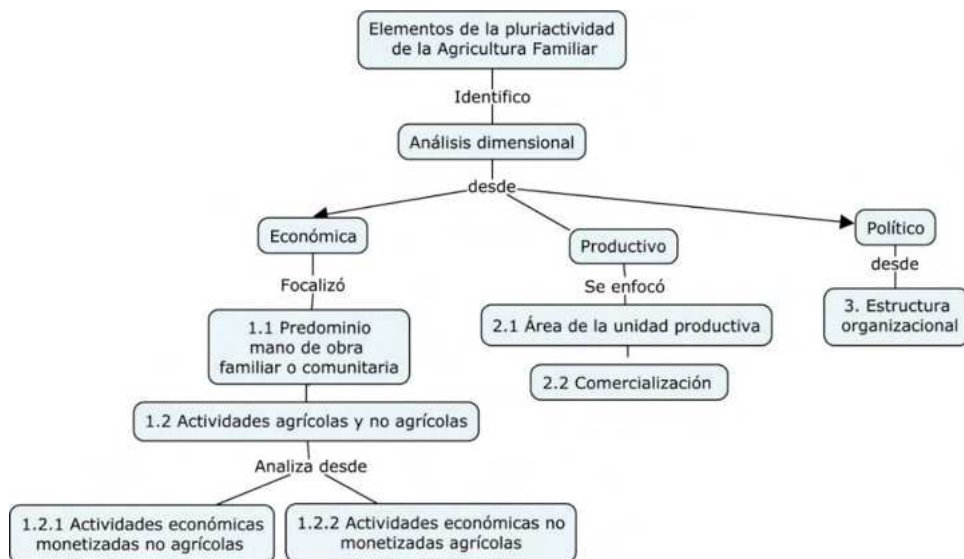


Figura 1. Elementos de la pluriactividad de la AF analizados en el estudio de caso.

Fuente. Autores (2021).

Actividades económicas monetizadas no agrícolas en el colectivo Minga

La FAO (2012b), designa la categoría **familia pluriactiva**, cuando dentro de un núcleo familiar al menos un miembro realiza una actividad agrícola y otros integrantes de la familia ejercen actividades no agrícolas, por lo cual todas las familias de este estudio de caso podrían considerarse como pluriactivas.

Es importante resaltar que el total de integrantes de las 10 familias es de 39 personas, de las cuales solo 15 desarrollan actividades económicas secundarias, realizando en promedio cada persona entre dos y tres actividades distintas en las que se encuentran: agrícolas, pecuarias, artesanías, de procesamiento, turismo entre otras (Tabla 3). Cabe destacar que las categorías de otras actividades hacen referencia a actividades distintas al aprovechamiento de su predio como lo infiere la nota al pie de la tabla 3.

	# integrantes en las familias	Integrantes en las familias que realizan actividades económicas secundarias	Familias que realizan actividades agrícolas	Familias que realizan actividades pecuarias	Familias que realizan actividades artesanías	Familias que realizan actividades transformación de productos agrícolas	Familias que realizan actividades turismo	Otras actividades
Total	39	15	10	7	5	2	2	4
Promedio			1	0,7	0,5	0,2	0,2	0,4
Porcentaje		38,46%	33%	23%	17%	7%	7%	13%

*Otras actividades hacen referencia a actividades distintas al aprovechamiento de su predio.

Tabla 3. Actividades económicas secundarias realizadas por los integrantes de las familias de la minga.

Fuente. Autores (2021)

Siendo las actividades agrícolas y pecuarias predominantes como actividades económicas secundarias con una representación del 33% y el 23% respectivamente, además son de gran influencia para el desarrollo de otras actividades como la producción de artesanías en el arte en el tejido en lana (17%), siendo una actividad tradicional local que se ha venido perdiendo. El desarrollo del agroturismo aprovechando el potencial territorial (paisajístico y actividades agropecuarias) (7%), donde las personas pueden acceder a servicios como alimentación, hospedaje (camping), senderismo y participar en las labores agropecuarias como actividades en las huertas, entre otras. Esta actividad se está llevando a cabo en la zona con el apoyo de las capacitaciones recibidas por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Las actividades productivas no agropecuarias que son consideradas fundamentales para el sostenimiento de las economías familiares, campesinas y comunitarias, entre la diversidad de servicios que presenta el agricultor campesino familiar comunitario es el turismo rural (agroturismo, ecoturismo), las artesanías, los servicios ambientales y comerciales entre otras (MinAgricultura, 2017b).

Finalmente, el procesamiento o transformación de productos agrícolas en tortas, envueltos, dulces ente otros representando el 7%. Cabe destacar que una familia no realizan ningún tipo de actividad económica secundaria y sus ingresos dependen netamente de su actividad económica principal, donde los integrantes de estas familias son empleados, teniendo como característica que producen únicamente para autoabastecerse de alimentos y, otra familia que su principal ingreso es derivado de su empleo en la empresa alpina y recibe un ingreso adicional por el arriendo de su terreno para el desarrollo de actividades pecuarias; además tres integrantes de las familias realizan actividades secundarias fuera del sector agropecuario en el área de construcción con lo cual complementan su sustento económico familiar.

El sustento de las familias que hacen parte del colectivo denominado minga se da principalmente por los ingresos económicos adquiridos del empleo formal recibidos de

empresas como Alpina, donde las actividades agropecuarias como se analizó anteriormente se ubican como actividades secundarias que a su vez contribuyen a i) generar ingresos económicos, ii) desarrollar otras alternativas económicas como por ejemplo la producción de artesanías y, iii) autoabastecer de alimentos principalmente de origen vegetal (hortalizas, frutas y tubérculos entre otros), animal (bovino y ovino) y silvestres (frutales) a las familias.

Lo anterior evidencia la diversidad de actividades económicas que realizan las familias, sin embargo, esta dinámica es más evidentes, en los integrantes más jóvenes. Cuando se preguntó a todas las familias, si creían que los integrantes más jóvenes continuarían su tradición agrícola, solo una participante respondió que sí, el resto de los participantes o bien indicaron que no, o también lo plantearon como una posibilidad, aun cuando sus hijos participan de las actividades agropecuarias en la actualidad. Tal como lo indica Schneider (2008), la pluriactividad está relacionada con la diferenciación etaria y el grado de escolaridad. Pero también, para este caso de estudio, con la insuficiencia del sector agropecuario y especialmente del acceso a tierra suficiente para suplir sus necesidades a partir de una actividad netamente agrícola, como principal o única fuente de ingreso, lo cual concuerda con los hallazgos de Acevedo (2016) en su estudio en el sur del Tolima-Colombia.

Pese a lo anterior, en los núcleos familiares estudiados, solo se halló dos casos, en el que ningún integrante con excepción del mingüero, participan de actividades agrícolas, esto podría suponer que, para el resto de las familias estudiadas, los integrantes de la familia no son ajenos a realizar alguna de estas actividades, incluso algunas de ellas involucran activamente a los niños y jóvenes, lo cual concuerda con los hallazgos de Salas-Quintanal y González-de la Fuente (2014) en su estudio sobre la reproducción de la pluriactividad laboral entre los jóvenes rurales en Tlaxcala, México.

Actividades económicas no monetizadas agrícolas en el colectivo Minga

Pérez (2010), indica que la ruralidad debe superar el enfoque netamente agropecuario, donde se pueda entender integralmente los territorios, la pluriactividad no solo debe ser vista como un asunto remunerado, si no, que a su vez la pluriactividad involucra actividades desarrolladas voluntariamente (no asalariadas), dentro del sistema productivo o fuera de este, que sean ejercidas por personas familiares y que tengan residencia en el establecimiento rural.

La minga en si misma puede ser entendida como un elemento desde lo pluriactivo, ya que como lo planean Salas-Quintanal y González-de la Fuente (2014), la pluriactividad implica el encubrimiento de una serie de actividades conexas a la vida laboral del campesinado tradición, lo cual no implica necesariamente una remuneración. Desde la economía social y solidaria descrita por Coraggio (2006), se sugiere que existen otras economías que no responden a la lógica del de la economía basadas en el capital, y que otros ingresos que no son necesariamente monetizados o asalariados, si no que tienen una

visión más ampliada de la definición de la economía:

“Economía: como el sistema que se da una sociedad para definir, movilizar, distribuir y organizar recursos con el fin de producir, intercambiar y utilizar bienes y servicios útiles para satisfacer cada vez mejor y transgeneracional mente las necesidades legítimas de todos sus ciudadanos” (Coraggio, 2006. p. 159).

La minga es un espacio de participación abierto a otras comunidades y participantes, incluyendo productores agropecuarios, o no, referenciando algunos actores institucionales invitados para conocer la experiencia como la Universidad Nacional de Colombia, el Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA, y colegios municipales, empero los participantes indican que:

“Cuando la persona, no muestra interés y voluntad en la actividad, no se vuelve a invitar”. Sin embargo, no infiere que por ser un espacio abierto de participación no exista una normatividad social en esta y que claramente se ha demarcado para que este ejercicio prevalezca donde:

- I. El mingüero que quiera acceder al trabajo comunitario del grupo, debe haber participado previamente de tres (3) mingas de manera continua.
- II. Para la rotación de UPA/finca, esta se elige dependiendo de quien la solicite y el mingüero que más la necesite, por lo cual, no existe una rotación específica, sin embargo, no se tiende a repetir UPA/familia.
- III. La minga se realiza predominantemente el primer viernes de cada mes, en horario de 8 o 9 am hasta las 12 o 1 pm, seguido a ello se consume el almuerzo, cada uno debe llevar loza (menaje) ya que está prohibido el uso de platos desechables, así también cada uno lleva alimento para compartir y para realizar el almuerzo; en caso de que el anfitrión no cuente con herramienta suficiente, los mingüeros la aportan.
- IV. En términos de labores y su distribución, indican que el anfitrión distribuye las labores, y quien no puede ejercer actividades físicas fuertes, por la avanzada edad, o alguna limitación física, realizara otro tipo de actividades, en general asociadas a la elaboración de alimentos (almuerzo/onces).
- V. Según los participantes cuando se les pregunto por su motivación por compartir del espacio, indican que más allá del trabajo, se valora la amistad, y el compartir los alimentos, así como el intercambio de alimentos, semillas, conocimientos y experiencias, algunos de los participantes valoran conceptos técnicos y modelos de los agroecosistemas, de los mingüeros que tiene más bagaje o mayor dedicación.

Lo anterior concuerda con las descripciones realizadas hace 40 años por Ramírez (1980), en Otavalo-Ecuador, experiencia también en los andes, incluso sobre altitudes similares (2550 msnm, Otavalo; 2587 msnm, Sopó), quien indica que:

- I. “Todos estos productos están destinados a satisfacer las necesidades de la familia y sólo son en contadas excepciones las que se destinan para la comercialización o el intercambio”.

- II. El tipo de actividades realizadas, son mayoritariamente agropecuarias.
- III. Durante las actividades se hace preparación y consumo colectivo de alimento, preparados en el predio.
- IV. Los participantes llevan sus propias herramientas.
- V. El ejercicio tiene un ambiente festivo

Sin embargo, se pueden evidenciar algunas diferencias marcadas con lo descrito por este autor respecto a:

- I. Los hombres eran quien se dedicaban las labores más fuertes, y las mujeres a actividades de preparación de alimentos, por su parte para el caso descrito en Sopó, la mayor participación de la minga se da por mujeres y liderado por una de ellas, y la alimentación está asignada a quien por sus capacidades físicas no puede ejercer labores fuertes, los anfitriones y sus familiares.
- II. Si bien en ambos casos no existe moneda o salario como base de intercambio, Ramírez (1980), indica que este ejercicio compromete la reciprocidad exige intercambios simétricos o equivalencias, en lo evidenciado para la experiencia en Sopó, no existe algún tipo de equivalencia en esfuerzo, trabajo, y productividad, luego las labores son disimiles en cada predio, y estas estas condicionadas por el tiempo, las indicaciones del anfitrión, y el área y el tipo de sistema productivo.

Por lo anterior, como ejercicio, el entender las dinámicas de la minga y de como ésta se relacionaban con los conceptos de la pluriactividad y la movilización de recursos presentes entre los participantes del estudio, se identifican algunos elementos en cuanto al funcionamiento de esta. De cómo el concepto minga puede tomar un carácter simbólico, y va más allá del trabajo comunitario, como en principio lo definen sus participantes, y que como indica González y Archila (2010), estos movimientos sociales tienen naturaleza compleja, en su análisis, buscan la reivindicación de derechos históricamente violentados como el acceso a la tierra, y su funcionamiento está promovido por una base de identidad colectiva, siendo entonces una práctica de resistencia y un mecanismo de empoderamiento personal y comunitario. Van der Ploeg (2014) destaca la lucha por la autonomía y subsistencia dentro de un contexto de privación y dependencia de los campesinos que prevalecen en estos ejercicios participativos.

CONCLUSIONES

La investigación desarrollada permitió concluir que:

Para entender las características de la Agricultura Familiar presentes en un colectivo como es la minga, se debe reconocer que existe un comportamiento dinámico dentro del territorio, lo cual contribuye en aportar elementos en las dimensiones socio-cultural, ambientales, económicas, productivas y política, permitiendo comprender el rol pluriactivo de la AF en la sociedad.

La minga para este estudio de caso en particular, se ha convertido en un modo de vida para los participantes desde la concepción social para el fortalecimiento de la identidad y los intereses del grupo a partir de la misionalidad de la colaboración, entonces, este ejercicio colectivo que aunque no se encuentra legalmente formalizado ante las autoridades nacionales, se ha constituido social y localmente, teniendo la capacidad de crear redes e interacciones sociales que les permite categorizarse como una verdadero “asociación comunitaria”, existiendo un proceso de aprendizaje y enseñanza dentro y fuera de este.

Para la dimensión económica, es importante destacar que la principal fuente de mano de obra para operar los sistemas productivos del colectivo denominado minga proviene de las mismas familias, cumpliendo así con uno de los criterios de la resolución 464 del 2017, que expresa que al menos el 50% de la mano de obra bajo la cual se opera el sistema productivo debe ser proveniente de la familia para que una unidad productiva corresponda a Agricultura Familiar.

Las familias integrantes del grupo mingero no se podrían denominar Agricultores Campesinos Familiares y Comunitarios de acuerdo a la resolución 464 del 2017, puesto que no cumple con el criterio del predominio de la actividad económica agropecuaria, desarrollada en forma directa, ya que, el principal ingreso de estas familias proviene del empleo de la venta de su fuerza de trabajo en el sector comercial, aislándolos de la labor propia de la agricultura familiar. Generando que las actividades agropecuarias se consideren como una actividad económica secundaria o complementaria, siendo liderada principalmente por las mujeres de las familias, que contribuye al desarrollo de otras actividades económicas como el agroturismo, procesamiento de alimentos y ser empleados en las empresas del municipio entre otros.

En la dimensión productiva, se destaca que el grupo de la minga cumple con el criterio de la resolución 464 del 2017, referido a que “el sistema productivo no puede exceder a una UAF”, destacándose que el 70% de las familias no superan a una 1 Ha de extensión.

Las familias que hacen parte del colectivo denominado minga se pueden considerar pluriactivas, puesto que, han registrado que algún integrante de la familia desarrolla actividades económicas no agropecuarias como empleo laboral en la industria, labores informales independiente, desarrollo de actividades de agroturismo, artesanías, consultorías entre otras.

La pluriactividad en las familias del colectivo Minga se ha venido consolidando como una estrategia a través de la cual se puede contribuir a mejorar las condiciones de vida de las familias campesinas generando nuevos ingresos económicos, y aunque a su vez los puede aislar de la labor propia de la agricultura familiar (actividades agropecuarias), es necesario acudir a ellas cuando a través de las actividades agropecuarias desarrolladas no logran satisfacer plenamente sus necesidades económicas.

Al mismo tiempo, la pluriactividad puede poner en riesgo el intercambio de

conocimiento generacional (empalme o traslape generacional), la seguridad y soberanía alimentaria de los territorios y de las relaciones sociales

Se observó que las actividades agropecuarias para este estudio de caso contribuyen a generar ingresos económicos, así como también a desarrollar otras alternativas económicas como por ejemplo la producción de artesanías. Además de autoabastecer principalmente de alimentos de origen vegetal (hortalizas, frutas y tubérculos entre otros) animal (cuyes, gallinas y conejo) y de recolección silvestre (frutales) a las familias.

RECOMENDACIONES

A nivel metodológico, se recomienda desarrollar herramientas que permitan cuantificar ingresos no monetarios, que no son tenidos en cuenta por las familias, dentro del análisis de ingresos económicos, como lo son la fuerza de trabajo producto de la minga, elaboración de insumos orgánicos y alimentos que sirven de autoabastecimiento, esto con el fin de ponderar la representatividad e importancia que estos tienen para la economía campesina y la agricultura familiar y sobre todo, resaltar otras economías propias del agricultor familiar como son las economías solidarias en que prevalecen el trueque, intercambio de conocimientos y los ahorros solidarios.

Se recomienda que como criterio de la resolución 464 del 2017, “predominio de la actividad económica agropecuaria, desarrolla en forma directa”, se tenga en cuenta evaluar los ingresos monetarios y no monetarios que genera las actividades agropecuarias en los sistemas productivos de los agricultores familiares.

Se debe considerar que la resolución 464 del 2017 puede estar sujeta a posibles ajustes en cuanto a los criterios planteados para la identificación de un productor, asociación u organización campesina como ACFC sujeto a los parámetros establecidos en cada criterio, ya que, no se consideró que la agricultura familiar es dinámica y se adapta a los cambios territoriales, y si se evalúa bajo estos criterios posiblemente se dejara por fuera a muchos productores y asociaciones que por sus características y connotaciones campesinas cumplen con las particularidades de ser parte de la categorización de ACFC de la resolución, como se evidencio en este estudio de caso.

Respecto a la normatividad colombiana para la caracterización de los agricultores Campesinos Familiares y Comunitarios –ACFC, es necesario considerar las particularidades de las familias y organizaciones, ya que, aunque no cumplan plenamente con un criterio, pueden estar, mediante su trabajo y organización, generando valores y servicios agregados que contribuyen social y ecológicamente al buen vivir en comunidad y sociedad

REFERENCIAS

Acevedo-Osorio, A. (2016). Monofuncionalidad, multifuncionalidad e hibridación de funciones de las agriculturas en la cuenca del río guaguarco, sur del Tolima. *Revista Luna azul*. DOI:10.17151/luaz.2016.43.12 <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php/english-version/91-coleccion-articulos-espanol/201-monofuncionalidad-multifuncionalidad>

Acevedo, A. & Angarita, A. (2013). Metodología para la evaluación de sustentabilidad a partir de indicadores locales para el diseño y desarrollo de programas agroecológicos – MESILPA- Bogotá, Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Acevedo, Á., Santoyo, J., Guzmán, P., & Jiménez, N. (2018). *La Agricultura Familiar frente al modelo extractivista de desarrollo rural en Colombia*. *Gestión y Ambiente*, 144-154.

Ariza Pachón, F., Bokelmann, W., & Ramírez Miranda, C. (2017). *Pensamiento de Desarrollo Rural, pasando de Revolución Verde para la soberanía Alimentaria*. Humboldt-Universität zu Berlin

Chayanov, A.v. (1966), *The Theory of Peasant Economy* (editado por D. Thorner ,r al.), Manchester University Press, Manchester, Reino Unido

Collin, L. Cano, J.A. (2016). La pluriactividad: evidencia de estrategia local ante la exclusión. *Scripta Ethnologica*, 38, pp. 25-52. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Buenos Aires, Argentina. <https://www.redalyc.org/journal/148/14849184002/>

CORAGGIO, JOSÉ LUIS. (2006). Sobre la sostenibilidad de los emprendimientos mercantiles de la economía social y solidaria. Cuadernos del Cendes, 23(61), 39-67. Recuperado en 14 de enero de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-25082006000100003&lng=es&tlng=es.

FAO. (2004). *Empleo e ingresos rurales no agrícolas en América Latina*. Santiago de Chile.

FAO. (2012). *MARCO ESTRATÉGICO DE MEDIANO PLAZO DE AGRICULTURA FAMILIAR AGRICULTURA FAMILIAR 2012 - 2015*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/as169s/as169s.pdf>

FAO. (2012b). *Políticas de mercado de trabajo y pobreza rural en América Latina*. Roma, Italia.

FAO. (2014). *Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política*. Santiago de Chile: FIAT PANIS.

Gonzalez, N., & Archila, M. (2010). Movimiento indígena caucano: historia y política. Tunja: Sello Editorial Universidad Santo Tomás.

Grammont, H., & Martínez del Valle, L. (2009). *La pluriactividad en el campo latinoamericano*. Quito-Ecuador: FLACSO.

LA JUNTA DIRECTIVA DEL INSTITUTO COLOMBIANO DE LA REFORMA AGRARIA. (1996). *RESOLUCIÓN No. 041 DE 1996 Determinación de extensiones para las UAFs*. Obtenido de <http://abc.finkeros.com/extensiones-de-las-uaf-en-la-regional-cundinamarca/>

Maranto, M., & González, M. (2015). *Fuentes de información*. Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>

MINAGRICULTURA. (2017b). *Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria ACFC*. Obtenido de <https://www.minagricultura.gov.co/Documents/lineamientos-acfc.pdf>

Ortiz, R., & Angarita, A. (2021). LA MULTIFUNCIONALIDAD DE LA AGRICULTURA ORIENTACIONES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ORGANIZACIONES DE AGRICULTURA CAMPESINA FAMILIAR Y COMUNITARIA EN COLOMBIA. En R. da Silva-Matos , F. Pinto Júnior, & L. Melo de Sousa , *Desenvolvimento da pesquisa científica, tecnologia e inovação na agronomia* (págs. 83-100). Ponta Grossa: ATENA EDITORA.

Pérez, S. (2010). *El valor estratégico del turismo rural como alternativa sostenible de desarrollo territorial rural*. *Agronomía Colombiana*, 507-513.

Pescio, F., & Román, M. (2015). *Pluriactividad y Multiocupación en familias campesinas de Santiago del Estero*. Buenos Aires.

Ploeg, J. D. (2008). *Nuevos Campesinos, Campesinos e imperios alimentarios*. Barcelona: Icaria.

Ramírez, M. (1980). FORMAS COLECTIVAS DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA ECUATORIANACASO ESPECIFICO: LAS MINGAS (Vol. 1). (E. I. Antropología, Ed.) otavalo, ecuador.

Schneider, S. (2008) "La contribución de la pluriactividad para las políticas públicas de desarrollo rural: una mirada desde el Brasil"; en: A. Arce; G. Blanco.; M. Hurtado (eds.): *Políticas Públicas como Objeto Social*. Guatemala, Ed. FLACSO, 2008.

Samper, M. (2016). *Sistemas territoriales de agricultura familiar*. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B4236e/B4236e.pdf>

Salas-Quintanal, H y González-de la Fuente, Í. (2014) la reproducción de la pluriactividad laboral entre los jóvenes rurales en Tlaxcala, México. *Revista Papeles de población*. 20 (79). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252014000100010

Sánchez, N., Suárez, J., & Sangerman, D. (2017). *Pluriactividad y agricultura familiar: retos del desarrollo rural en México*. *Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 943-962.

Silva Pérez, R. (2010). Multifuncionalidad agraria y territorio. algunas reflexiones y propuestas de análisis. *Eure*, 36(109), 5-33.

Van Der Ploeg, J.D. (2014). *Diez Cualidades de la Agricultura Familiar*. *Revista Agriculturas: experiencias en agroecología*, N° 1, febrero de 2014.

CAPÍTULO 13

PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-CAUPI POR *TRICHODERMA* sp. E FERTIACTYL GZ®

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 05/04/2022

Gledson Luiz Salgado de Castro

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/7980739792448566>

Maria Luiza Brito Brito

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/0412383880507557>

Tamirys Marcelina da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/6360196015640971>

Klayver Moraes de Freitas

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/4411900531154237>

Roberto Augusto da Silva Borges

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/7825671704587427>

Danielle Pereira Mendonça

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/6344169083897136>

Maria Carolina Sarto Fernandes Rodrigues

Universidade Federal Rural da Amazônia
(UFRA)

Belém-PA

<http://lattes.cnpq.br/3042786826440066>

RESUMO: O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) WALP é uma importante espécie leguminosa brasileira que está em processo de expansão do seu cultivo no país. O estudo de bioestimulantes na cultura pode ser uma alternativa para auxiliar as plantas a terem um melhor desempenho fisiológico em situações adversas. O objetivo do estudo foi analisar o potencial dos bioestimulantes *Trichoderma Asperellum* e o produto comercial Fertiactyl GZ® na promoção de crescimento de plantas de feijão-caupi. O experimento foi realizado em casa de vegetação no delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos, sendo um composto por 10 sementes microbiolizadas com *Trichoderma Asperellum* e outras 10 sementes com Fertiactyl Gz®. O grupo controle foi formado por 10 sementes tratadas apenas com água. Aos 45 dias após a germinação foram avaliados a altura, diâmetro do coleto e número de folhas das plântulas completamente formadas. Os dados foram submetidos a análise de variância e quando significativos as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ($P0,05$). As sementes microbiolizadas com *Trichoderma Asperellum* e Fertiactyl Gz® formaram plântulas maiores em 15% e 12% para a altura, 13% e 14% para o diâmetro do coleto e 22% e 11% para o número de folhas, respectivamente, em relação

ao controle. Portanto, a microbiolização de sementes de feijão-caupi induz a formação de plântulas mais vigorosas, que pode contribuir para acelerar o ciclo da cultura e melhorar a tolerância aos estresses ambientais em campo.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata*, bioestimulante, microbiolização, crescimento.

COWBEAN SEEDLINGS GROWTH PROMOTION BY *TRICHODERMA* sp. AND FERTIACYL GZ®

ABSTRACT: Cowpea *Vigna unguiculata* (L.) WALP is an important Brazilian legume species that is in the expanding process its cultivation in the country. The biostimulants study in culture can be an alternative to help plants to have a better physiological performance in adverse situations. The aim of the study was to analyze the potential of the biostimulants *Trichoderma Asperellum* and the commercial product Fertiactyl GZ® in promoting the cowpea plants growth. The experiment was carried out in a greenhouse in a completely randomized design with two treatments, one consisting of 10 seeds microbiolized with *Trichoderma Asperellum* and another 10 seeds with Fertiactyl Gz®. The control group consisted of 10 seeds treated only with water. At 45 days after germination, the height, stem diameter and leaves number of fully formed seedlings were evaluated. Data were submitted to variance analysis and when significant, the treatment means were compared by Duncan's test ($P \leq 0.05$). The seeds microbiolized with *Trichoderma Asperellum* and Fertiactyl Gz® formed larger seedlings by 15% and 12% for height, 13% and 14% for the collar diameter and 22% and 11% for the leaves number, respectively, in relation to the control. Therefore, the microbiolization of cowpea seeds induces the formation of more vigorous seedlings, which can contribute to accelerate the crop cycle and improve tolerance to environmental stresses in the field.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata*, biostimulant, microbiolization, growth.

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) WALP] caracteriza-se por sua boa adaptabilidade em diferentes condições; e por isso, além dos seus cultivos tradicionais pelas regiões norte e nordeste, agora também se estende pela região centro-oeste, tornando-se um importante cultivar brasileira (FREIRE FILHO et al., 2007). Além disso, os produtos dessa cultura têm boa aceitação no mercado interno e externo, já que o Brasil produziu mais de 700 mil toneladas de feijão-caupi e exportou 43 mil toneladas para 40 países da Europa, Ásia, África, América do Norte e Oriente Médio (SENAR, 2020).

O estudo de microrganismos para a promoção de crescimento vem se intensificado cada vez mais no Brasil. A interação entre planta e microrganismo pode ajudar no desenvolvimento de fatores fisiológicos ou danificar suas rotas vitais levando-a morte. De toda forma, é importante estudar a interação entre grupos microbianos e plantas para descobrir potenciais de benefício vegetal ou controles biológicos (MENDES et al., 2013).

O fungo *Trichoderma Asperellum* é considerado um microrganismo promotor de crescimento. Pesquisas mostram que esse fungo cria um ambiente favorável para planta,

fazendo com que ela produza uma grande quantidade de metabólitos, ajudando assim no seu crescimento (NUR A. ZIN, NOOR A. BADALUDDIN, 2020).

Bioestimulantes comerciais estão sendo cada vez mais utilizados por produtores de grãos para amenizar efeitos abióticos, como o *stress* causado pela falta de chuva. A utilização do bioestimulante comercial Fertiactyl GZ[®], fertilizante líquido composto por fração orgânica e mineral, promove efeito *anti-stress*, potencializando as atividades fisiológicas da planta e maximizando o aproveitamento dos nutrientes.

Sabendo que o fungo *Trichoderma Asperellum* e o produtor comercial Fertiactyl GZ[®] atuam no crescimento e na nutrição das plantas, o objetivo do presente estudo é analisar o potencial de promoção de crescimento na cultura do feijão-caupi com aplicações dos bioestimulantes a partir das sementes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo dos bioestimulantes

O fungo *Trichoderma Asperellum* foi cultivado em meio BDA (Batata-Dextrose-Ágar) por vinte e quatro horas com temperatura de 28°C durante 7 dias. Para o preparo da suspensão foi realizado padronização da concentração de conídios para 1×10^6 conídios/mL com o auxílio da câmara de Neubauer.

O produto comercial Fertiactyl GZ[®] apresenta uma fração orgânica composta por aminoácidos, ácidos húmicos e fúlvicos) e mineral (N e K). A composição do produto foi elaborada a partir das matérias-primas: Uréia, KOH e turfa como fonte de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e aminoácidos, contendo 13 dag kg⁻¹ de N, 5 dag kg⁻¹ de K₂O e 5 dag kg⁻¹ de C orgânico. Para o preparo da solução de Fertiactyl GZ[®], foi utilizada a diluição de 10 mL do produto concentrado em 1000 mL de água destilada e esterelizada.

Aplicação dos bioestimulantes e crescimento das plantas

As sementes de feijão-caupi (cultivar Br3 - Tracuateua) foram inicialmente mergulhadas nas soluções de *Trichoderma Asperellum* e Fertiactyl Gz[®] por 20 minutos, para que ocorresse a inoculação. Após esse processo, as sementes foram plantadas em copos de 500 mL de polietileno contendo Latossolo amarelo de textura média. O experimento foi realizado, no período de novembro a janeiro em casa de vegetação na Universidade Federal Rural da Amazônia em Belém, PA, que apresenta características climáticas do tipo AMI de acordo com a classificação de Koppen-Geiger (Koppen-Geiger, 1928). As mudas foram irrigadas diariamente para repor a água perdida pela evapotranspiração e manter a umidade do solo próximo de 100% capacidade de campo (KLAR et al., 1966).

Avaliações biométricas

Foram realizadas avaliações de biometria, como altura (cm), número de folhas e diâmetro do coleto (mm). A altura foi a medida com auxílio de trena na região entre o coleto

é o ápice caulinar. O diâmetro do coleto foi medido com o auxílio de um paquímetro digital (precisão de 0,01 mm). O número de folhas foi obtido pela contagem direta do número de folhas emitidas ao longo do ciclo.

Análises estatísticas

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram compostos por 10 repetições, contendo sementes inoculadas separadamente com *Trichoderma Asperellum* e Fertiactyl GZ®. O controle foi composto de 10 sementes não inoculadas de feijão-caupi. Os dados biométricos coletados foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$) com o auxílio do software R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As sementes de feijão-caupi microbiolizadas com *Trichoderma* ap. e fertilizadas com Fertiactyl GZ formaram plântulas superiores em relação controle (plântulas formadas a partir de sementes tratadas com água). O *Trichoderma* ap. induziu aumentos de 21% na altura, 27% no número de folhas e 18% no índice de robustez em relação ao controle (Tabela 1). O produto comercial Fertiactyl GZ aumentou em 17% a altura, em 21% o número de folhas e em 12% o índice de robustez em relação ao controle. O diâmetro do coleto não foi afetado pelos bioestimulantes (Tabela 1).

Tratamentos	Variáveis biométricas			
	H (cm)	DC (mm)	NF	IR
Controle	35,9 2,2 B	4,6 0,4 A	8,9 2,1 B	7,6 0,7 B
<i>Trichoderma</i> sp.	43,6 1,8 A	5,0 0,6 A	11,3 0,5 A	9,1 0,6 A
Fertiactyl GZ	42,0 2,3 A	5,1 0,5 A	10,8 1,2 A	8,5 0,7 A
CV(%)	5,24	10,64	13,72	8,01

Médias desvio padrão seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF) e índice de robustez (IR) em plântulas de feijão-caupi formadas a partir de sementes microbiolizadas com *Trichoderma* sp., Fertiactyl GZ e água (controle).

A análise de correlação entre as variáveis biométricas revelou relações positivas com grau moderado. O aumento da altura das plantas foi correlacionado positivamente com o aumento do número de folhas ($r = 0,55$ e $P < 0,01$) e com o aumento do índice de robustez ($r = 0,67$ e $P < 0,001$). Os aumentos do número de folhas e índice de robustez foram correlacionados positivamente com $r = 0,49$ e $P < 0,05$ (Tabela 2).

Variáveis	H	DC	NF	IR
H	---	0,28 ^{ns}	0,55*	0,67*
DC	0,1806	---	0,12 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
NF	0,0054	0,5743	---	0,49*
IR	0,0003	0,3018	0,0173	---

* = significativo com $P \leq 0,05$ e ^{ns} = não significativo.

Tabela 2. Coeficientes de correlação (diagonal superior) e seus respectivos p-valor (diagonal inferior) entre a altura (A), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF) e índice de robustez (IR) em plântulas de feijão caupi formadas a partir de sementes microbiolizadas com *Trichoderma* sp. e Fertiactyl GZ.

Os microrganismos promotores de crescimento, como o *Trichoderma* sp., são encontrados na forma de vida livre no solo e podem interagir com as plantas através de sinais químicos, que resulta na relação benéfica para ambos, ou seja, as plantas fornecem produtos da fotossíntese através dos exsudados radiculares e, em troca, os microrganismos forçam nutrientes solubilizados do solo, além de aminoácidos e hormônios vegetais (MACHADO *et. al*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2012). No presente estudo, a maior altura do feijão-caupi pode estar relacionada com mecanismos diretos ou indiretos induzidos pelo *Trichoderma* sp. De forma direta as plantas podem receber os hormônios vegetais produzidos pelo *Trichoderma* sp., como auxina e citocinina para alterar o balanço hormonal e estimular o crescimento de raiz e parte aérea (TAIZ, ZAIGER, 2006; SILVA *et al.*, 2012). Ou de forma indireta, onde o *Trichoderma* sp., produz e fornece os aminoácidos que as plantas utilizam como precursores para sintetizar estes hormônios vegetais. O *Trichoderma* sp. também pode induzir a biossíntese na planta ou fornecer diretamente outros hormônios vegetais, como citocinina, etileno e ABA que, balanceados adequadamente, podem estimular o aumento do número de folhas e a maior robustez (SILVA *et al.*, 2012; TAIZ, ZAIGER, 2006). Chagas *et al.* (2017) relataram que o maior crescimento das plantas de feijão-caupi inoculadas com *Trichoderma Asperellum* pode estar relacionado, com alterações no balanço hormonal e maior eficiência na absorção de água e nutrientes.

O produto comercial Fertiactyl GZ[®] apresenta substâncias na sua composição como glicina-betaína, zeatina e ácidos húmicos e fúlvicos, que podem influenciar na melhoria da CTC na rizosfera, estimulam a formação de pêlos absorventes e melhoram a eficiência de absorção dos nutrientes (CHAUHAN *et al.* 2015). Os resultados do presente estudo revelam que as substâncias presentes do Fertiactyl GZ[®] favoreceram o crescimento das plântulas de feijão-caupi. As maiores médias de altura e número de folhas, comparada ao controle, podem estar relacionadas com a atuação da zeatina presente no Fertiactyl GZ[®]. Para Kang *et al.* (2014) a zeatina é um tipo de citocinina que estimula o crescimento da parte aérea, aumenta a emissão de folhas e regula a expansão foliar. O diâmetro do coleto não foi afetado, porém a sua relação com a maior altura contribuiu para o maior índice de robustez, indicando que a aplicação de Fertiactyl GZ[®] nas sementes podem formar plantas

mais vigorosas e mais tolerantes aos estresses ambientais.

CONCLUSÕES

O fungo *Trichoderma Asperellum* e o produto comercial Fertiactyl GZ® promovem o crescimento das plantas de feijão-caupi. O uso destes bioestimulantes pode ser inserido no manejo da cultura desde a fase de semente, podendo contribuir para acelerar o crescimento e atingir o estágio produtivo em menor tempo. Espera-se que a maior altura, maior número de folhas e maior robustez estejam relacionadas com a maior produtividade das plantas de feijão-caupi bioestimuladas com *Trichoderma Asperellum* e Fertiactyl GZ®.

REFERÊNCIAS

- BORTOLIN, Gabriel Streck et al. **Trichoderma na promoção do desenvolvimento de plantas de Paspalum regnellii Mez.** Trichoderma in promotion of the development of plants of Paspalum regnellii Mez, Rio Grande do Sul, 18 abr. 2018. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/download/17087/13867/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R.. **Trichoderma na promoção do crescimento vegetal.** Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia-MS, v. 4, n. 3, p. 97-102, jul./set. 2017.
- CHAUHAN H, BAGYARAJ DJ, SELVAKUMAR G, SUNDARAM SP. **Novel plant growth promoting rhizobacteria - Prospects and potential.** Appl Soil Ecol 95:38-53. doi: 10.1016/j.apsoil.2015.05.011, 2015.
- FILHO, Francisco Rodrigues Freire. **Feijão-Caupi no Brasil:** Produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina - PI: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916831/1/feijao-caupi.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- KANG SM, KHAN AL, YOU YH, et al. **Gibberellin production by newly isolated strain Leifsonia soli SE134 and its potential to promote plant growth.** J Microbiol Biotechnol 24:106–112. doi: 10.4014/jmb.1304.04015, 2014.
- KLAR AE, VILLA NOVA NA, MARCOS ZZ, CERVÉLLINI A. **Determinação da umidade do solo pelo método das pesagens.** An da Esc Super Agric Luiz Queiroz 23:15–30. doi: 669 10.1590/S0071-12761966000100003, 1966.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.
- MACHADO, Daniele Franco Martins et al. **Trichoderma spp. NA EMERGÊNCIA E CRESCIMENTO DE MUDAS DE CAMBARÁ** (Gochnatia polymorpha (Less.) Cabrera)1. Revista Árvore, Viçosa-MG, v. 39, n. 1, p. 167-176, 9 dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/rarv/a/yXXqTnvk5ThC5phR5zQfTRK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- MENDES, R.; GARBEVA, P.; RAAIJMAKERS, J. M. **The rhizosphere microbiome: significance of plant-beneficial, plantpathogenic and human-pathogenic microorganisms.** FEMS Microbiology Reviews, Amsterdam, v. 37, p. 634-663, 2013.

OLIVEIRA, A. G.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; SANTOS, G. R.; MILLER, L. O.; CHAGAS, L. F. B. **Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA por *Trichoderma* spp.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.

R Core Team (2021). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SENAR. **Feijão - caupi**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://cnabrasil.org.br/cna-pulses/page3.html>. Acesso em: 7 fev. 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 4 ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc. Publishers, 2006. 819 p.

ZIN, Nur A.; BADALUDDIN, Noor. **A. Biological functions of *Trichoderma* spp. for agriculture applications**. ELSEVIER, [S. l.], p. 168-178, 8 dez. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178320300415>. Acesso em: 17 fev. 2022.

CAPÍTULO 14

CRESCIMENTO, CONCENTRAÇÃO E CONTEÚDO DE MACRONUTRIENTES EM *Pueraria phaseoloides* L., E SEUS EFEITOS NO DESENVOLVIMENTO EM UM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Naiane Franciele Barreira De Melo

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/5700555888530272>

Jessivaldo Rodrigues Galvão

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/0013591065769741>

Joel Correa de Souza

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2582560760025598>

Ismael de Jesus Matos Viégas

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/5645151005844327>

Odete Kariny Souza Santos

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2742145914416394>

Vanessa Melo de Freitas

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/8162153940687277>

Victor Hugo Tavares

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/5313179818257121>

Valdecyr da Costa Rayol Neto

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2905228575990254>

Matheus Vinícius da Costa Pantoja

Universidade Rural da Amazônia

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/0852406035628939>

RESUMO: Plantas de *Pueraria phaseoloides* L., com dois a oito anos de idade utilizadas como cobertura do solo em plantações de dendezeiros (*Elaeis guineenses* Jacq.), cultivadas em latossolo amarelo distrófico na ecorregião de Tailândia, Estado do Pará do híbrido comercial Tenera (Dura x Psífera), pertencentes à Companhia Real Agroindustrial (CRAI). Correspondente a cada palmeira coletou-se uma amostra da leguminosa a diferentes idades da cobertura verde e morta, objetivando determinar a produção de matéria seca, concentração e o conteúdo de nutrientes. Os principais resultados mostraram que a produção de matéria seca da phaseoloides diminuiu consideravelmente com o decorrer dos anos, atingindo a *Pueraria phaseoloides* valores muito baixos no oitavo ano. O peso da matéria seca da cobertura morta da leguminosa foi superior ao da cobertura verde. As concentrações de macronutrientes na *Pueraria phaseoloides* apresentaram variações com a idade, tanto na cobertura verde quanto na cobertura morta, enquanto as K, somente K da concentração parte verde e Cl em nenhuma das partes. A ordem relativa da concentração dos macronutrientes

na cobertura verde da *Pueraria phaseoloides* foi N>K>Ca>Mg>P>S e na cobertura morta N>Ca>Mg>K>S>P. O conteúdo dos nutrientes com exceção do Mn e Cu na cobertura verde da *Pueraria phaseoloides*, reduziu com o decorrer dos anos. O conteúdo dos nutrientes N, P, Ca, Mg, S, foram maiores na cobertura morta da *Pueraria phaseoloides*, enquanto os de K e Cl na cobertura verde. Os macronutrientes mais acumulados na cobertura verde da *Pueraria phaseoloides* foi o nitrogênio, seguido do potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre, enquanto na cobertura morta foi o nitrogênio, cálcio, magnésio, potássio, enxofre e fósforo. A extração total dos nutrientes pela *Pueraria phaseoloides*, reduziu com o decorrer dos anos. A ordem da extração total dos macronutrientes pela *Pueraria phaseoloides* foi N>Ca>K> Mg>P>S.

PALAVRAS-CHAVE: Leguminosa, Nutrientes, cobertura verde, cobertura morta.

GROWTH, CONCENTRATION AND CONTENT OF MACRONUTRIENTS IN *Pueraria phaseoloides* L., AND THEIR EFFECTS ON DEVELOPMENT IN A DYSTROPHIC YELLOW LATOSOL

ABSTRACT: Plants *Pueraria phaseoloides* L. used as ground cover in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.)), belonging to Companhia Real Agroindustrial (CRAI). Corresponding to each palm, a legume sample was collected at different ages of green and dead cover, aiming to determine the dry matter production, concentration and nutrient content. The main results showed that the dry matter production of *phaseoloides* decreased considerably over the years, reaching very low values. The dry matter weight of legume mulch was higher than that of green cover. The macronutrient concentrations in *Pueraria phaseoloides* showed variations with age, both in the green cover and in the mulch, while the K, only K of the green part concentration and Cl in none of the parts. The relative order of macronutrient concentration in the green cover of *Pueraria phaseoloides* was N>K>Ca>Mg>P>S and in the mulch N>Ca>Mg>K>S>P. The content of nutrients with the exception of Mn and Cu in the green cover of *Pueraria phaseoloides*, reduced over the years. The content of nutrients N, P, Ca, Mg and S were higher in the mulch of *Pueraria phaseoloides*, while K and Cl in the green cover. The most accumulated macronutrients in the green cover of *Pueraria phaseoloides* was nitrogen, followed by potassium, calcium, magnesium, phosphorus and sulfur, while in the mulch it was nitrogen, calcium, magnesium, potassium, sulfur and phosphorus. The total extraction of nutrients by *Pueraria phaseoloides* reduced over the years. The order of total macronutrient extraction by *Pueraria phaseoloides* was N>Ca>K> Mg>P>S.

KEYWORDS: Legumes, nutrients, green mulch, mulch.

1 | INTRODUÇÃO

Nas condições tropicais onde predominam alta pluviosidade e temperatura elevada, são grandes as vantagens de se proteger o solo com plantas de coberturas, as quais reduzem os riscos à erosão, melhoram as propriedades físicas e químicas do solo, e ainda evitam o estabelecimento de plantas daninhas nas áreas de cultivo que competem com as culturas em água e nutrientes. As plantas mais utilizadas como cobertura do solo são as leguminosas que associadas ou não a outras culturas, tem oferecido resultados mais

satisfatórios na melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Dentre as leguminosas forrageiras introduzidas e avaliadas no Pará, destacam-se as espécies *Pueraria phaseoloides* por apresentarem boa produção de matéria seca resistência a doenças e excelente produção de sementes (AZEVEDO, et al., 1992).

A leguminosa mais utilizada como planta de cobertura do solo nos plantios racionais de seringueira, dendezeiro e coqueiro na Amazônia, é a *Pueraria phaseoloides*, vulgarmente conhecida como “kudzu tropical”. Esta leguminosa, originária das Índias, é cultivada na maioria dos países tropicais, principalmente como planta de cobertura, adubo verde e forragem. Experimentos realizados indicam que essa leguminosa se adapta com facilidade a diferentes tipos de solo e clima, resiste à seca não muito prolongada, produz sementes viáveis, e é de fácil estabelecimento, produzindo de 35 a 50 toneladas de massa verde por hectare.

O uso desta leguminosa, além de proporcionar lucratividade pelo fato de adicionar nutrientes ao solo, principalmente nitrogênio, contribuindo com isso na redução dos custos com adubações nas plantações, ajuda também na recuperação de áreas degradadas como consequência da agricultura itinerante praticada na região amazônica. Apesar da *Pueraria phaseoloides* ser a leguminosa mais tradicionalmente utilizada como cobertura do solo nas culturas perenes da Amazônia, há carência de resultados de pesquisas sobre o seu comportamento no que diz respeito ao crescimento, concentração e quantidade acumulada de nutrientes com o decorrer dos anos. Portanto, há necessidade de estudos para se determinar qual é a contribuição efetiva dessa leguminosa como fornecedora de nutrientes ao solo para benefício dos plantios dessas culturas, mais especificamente no caso, para o cultivo do dendezeiro. Esse conhecimento é indispensável nos programas de adubação, pois poderá propiciar uma economia substancial na aplicação de fertilizantes, principalmente de nitrogênio. Tendo-se por base essas considerações foi realizado o presente trabalho que teve como objetivos analisar o crescimento da *Pueraria phaseoloides*, através da cobertura verde e morta, em diferentes idades e determinar a concentração e conteúdo de macro e micronutrientes, na cobertura verde e morta em função da idade.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *Pueraria phaseoloides* L. foram coletadas em plantações de dendezeiros do híbrido comercial Tenera (Dura x Psifera), pertencentes à Companhia Real Agroindustrial, localizada no município de Tailândia – Pará. A CRAI, situa-se ao nordeste do Estado do Pará entre as coordenadas geográficas 2°.00 e 4°.00’S de latitude sul e - 50°.00 e 48°.00 de longitude WGR, entre os rios Mojú e Acará.

O clima é mesotérmico e úmido, do tipo Ami de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 26°C e umidade relativa do ar em torno de 85%. A média anual de precipitação é de 2.300 mm (Bolf e Batistella, 2012). Caracteriza-se como clima

tropical chuvoso sem variação térmica estacional apresentando total pluviométrico anual elevado, com mês menos chuvoso inferior a 60mm e com moderado período de estiagem.

No período de 1983 a 1991, foi feito trabalho de campo e tomada de dados, a temperatura média anual foi de 26°C e as médias das temperaturas mínimas máximas foram de 21°C a 32,5°C, respectivamente. A média da umidade relativa do ar nesse período foi de 83%. Os solos que predominam na área de acordo com o levantamento efetuado por DOS REIS et. al. (2012) pertencem ao grupo dos Latossolos Amarelos.

Nas plantações de dendezeiros da CRAI, como cobertura do solo é utilizada a leguminosa *Pueraria phaseoloides*, cujo plantio é realizado à lanço após o preparo da área com sementes não inoculadas, à base de 1 kg/ha. Coletou-se uma amostra da leguminosa da cobertura verde e morta, utilizando-se um quadrado de madeira de 0,50m x 0,50m, com uma área útil de 0.25m². Foram retiradas amostras compostas de solo das entrelinhas de plantio, para cada idade da *Pueraria*, no ano de 191 (época da coleta das plantas) na profundidade de 30 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel, pesadas e remetidas para o laboratório.

As determinações dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S.) foram realizadas no laboratório de plantas do Departamento de Solos da ESALQ, seguindo-se os métodos descritos em SARRUGE & HAAG (1974). O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl; o fósforo por colorimetria utilizando o método do vanado - molibdato de amônio; o potássio, cálcio, magnésio, cobre, manganês e zinco, por espectrofotometria de absorção atômica. O enxofre por espectrofotometria de absorção atômica, método indireto, via bário. O boro foi determinado pelo método de azometina H. O cloro foi analisado na Embrapa Amazônia Oriental, titulação com nitrato de prata, segundo método indicado pelo I.R.H.O. (1980).

O delineamento experimental foi considerado como inteiramente casualizado com 4 repetições. Obtida significância na análise de variância, usou-se o teste de Tukey ao nível de 5% para comparação das médias. As variáveis utilizadas para avaliar os tratamentos, foram: peso de matéria seca, concentração e conteúdo na parte verde e morta de macro e micronutrientes. O conteúdo acumulado de nutrientes na *Pueraria phaseoloides* para cada idade, foram estimadas, multiplicando-se as concentrações dos elementos pelos valores de matéria seca.

Os cálculos da produção de matéria seca (t/ha) foram feitos descontando-se os espaços limpos deixados ao redor das plantas (coroamentos) e a densidade de 143 palmeiras por hectare. Deste modo, para o primeiro e segundo anos o coroamento foi de 1,50 m de raio, para o terceiro ano 2,00 m de raio e do quarto ao oitavo ano 2,50 m de raio. Revelada a significância do teste F, realizou-se o desdobramento para as equações até o sexto grau, referente às variáveis peso da matéria seca e quantidade total acumulada de nutrientes. Para selecionar as equações que melhor explicavam os resultados, utilizou-se além do teste F, o coeficiente de determinação das regressões.

3 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Os resultados referentes à produção da matéria seca da cobertura verde, morta e total da *Pueraria phaseoloides* encontram-se na Tabela 5. A comparação entre as médias através do teste de Tukey, mostrou que a produção da matéria seca em todas as partes, diminui consideravelmente com valores o decorrer dos anos, atingindo mais altos no segundo ano de 5,78 kg/ha na parte da cobertura verde, 17,39kg/ha na parte morta e de 23,17 t/ha no peso total. As menores produções de matéria seca foram observadas no sétimo e oitavo anos. A redução no peso total da cobertura morta do segundo para o sétimo e oitavo anos foi de 11,56 vezes e 14,85 vezes, respectivamente. O peso da matéria seca da cobertura morta da leguminosa foi superior ao da cobertura verde em todos os anos, sendo que o ápice dessa superioridade foi de até 5,6 vezes no quarto ano.

Os resultados da produção de matéria seca obtidos no presente trabalho, foram inferiores aos encontrados por LAGUNES RIVERA (2019), nas regiões tropicais do México. Comparando-se a produção de matéria seca obtida pelo NICODEMO (2015), em Anhembi-SP, na *Pueraria phaseoloides* verifica-se claramente que o conteúdo de matéria seca diminui com a idade.

Idade (anos)	Matéria seca (t/ha)		
	Cobertura verde	Cobertura morta	Total
2	5,78 a	17,39 a	23,47 a
3	3,45 b	13,78 b	17,23 b
4	1,79 c	10,05 c	11,84 c
5	1,41 cd	5,04 d	6,45 d
6	1,22 cd	3,42 e	4,64 d
7	0,65 cd	1,35 f	2,00 e
8	0,30 d	1,26 f	1,56 e

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente ao nível 5% pelo Teste de Tukey

Tabela 1 – Produção de matéria seca na cobertura verde, morta e total da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

A explicação mais provável para essa diminuição de matéria seca na *Pueraria phaseoloides* com a idade e as diferenças encontradas, é a diferença no manejo das culturas, às condições edafoclimáticas das regiões, e também, a um maior sombreamento da área proporcionado pelas culturas, no caso da Malásia e do dendezeiro no Brasil - Pará, ocasionando o raleamento e com o decorrer das idades o desaparecimento dessa leguminosa, dando lugar ao predomínio das gramíneas.

Os resultados das concentrações de nitrogênio da cobertura verde e morta da

Pueraria phaseoloides em função da idade e as respectivas indicações das diferenças significativas são apresentadas nas Tabelas 2 e 3 e uma melhor visualização dos resultados na Figura 1. Verifica-se que as concentrações de nitrogênio na parte verde da *Pueraria phaseoloides* variaram de 2,16 a 2,56% e foram mais altas do que na parte morta, cuja faixa foi de 1,41 a 1,90%, o que é perfeitamente aceitável devido a mineralização realizada pelos organismos na parte morta e também devido a alta mobilidade do nitrogênio na planta transloucando-se para as partes em crescimento. Na cobertura verde a concentração de nitrogênio aumentou até o sexto ano para posteriormente diminuir no sétimo e oitavos anos, enquanto na parte morta, onde as variações foram maiores, provavelmente devido às atividades dos microrganismos, as concentrações mais elevadas ocorreram no segundo, sexto, sétimo e oitavo anos.

Idade (anos)	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
2	2,16 c	0,11 c	2,01 b	1,21 b	0,17 d	0,05 ab
3	2,26 c	0,11 c	1,39 d	1,49 a	0,19 d	0,04 b
4	2,36 bc	0,13 c	1,58 c	1,24 b	0,20 d	0,06 ab
5	2,56 ab	0,11 c	1,15 e	1,48 a	0,23 bc	0,05 ab
6	2,62 a	0,12 c	0,60 f	1,49 a	0,27 a	0,05 ab
7	2,24 c	0,18 b	1,35 d	1,22 b	0,26 ab	0,07 a
8	2,36 bc	0,26 a	1,79 b	1,20 b	0,18 d	0,07 a

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente ai nível 5% pelo Teste de Tukey

Tabela 2 – Concentração (%) de macronutrientes da cobertura verde da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade

Idade (anos)	Macronutrientes					
	N	P	K	Ca	Mg	S
2	1,90 a	0,07 cb	0,24 a	2,00 b	0,24 a	0,05 c
3	1,68 bc	0,08 cb	0,16 a	2,24 a	0,23 a	0,10 ab
4	1,60 cd	0,09 b	0,16 a	1,74 c	0,17 b	0,08 ab
5	1,41 d	0,05 c	0,13 a	1,47 d	0,25 a	0,07 bc
6	1,70 abc	0,07 cb	0,11 a	1,36 de	0,16 b	0,10 ab
7	1,81 abc	0,06 cb	0,13 a	1,21 e	0,13 b	0,09 ab
8	1,85 ab	0,13 a	0,12 a	1,21 e	0,23 a	0,07 bc

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente ai nível 5% pelo Teste de Tukey

Tabela 3 – Concentração (%) de macronutrientes da cobertura verde morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

Segundo (PEREIRA), a pueraria pode ser utilizada na proteção e recuperação do solo e como adubação verde, apresentando grande capacidade de fixação de nitrogênio com cerca de 130 kg/ha/ano. Percebe-se, que a concentração do elemento obtida nesta pesquisa, em ambas as coberturas, encontra-se aquém da faixa estabelecida pelo pesquisador citado, o que pode evidenciar uma carência oculta. A mais provável explicação para esse fato é que, nas condições de campo, há uma série de fatores limitantes como, por exemplo, a baixa fixação de nitrogênio, já observada nas condições da Amazônia, que é causada pela utilização de sementes de *Pueraria phaseoloides* não inoculadas com estirpes de *Rhizobium* e, também, pelo baixo teor de fósforo na maioria dos solos, como o do presente trabalho.

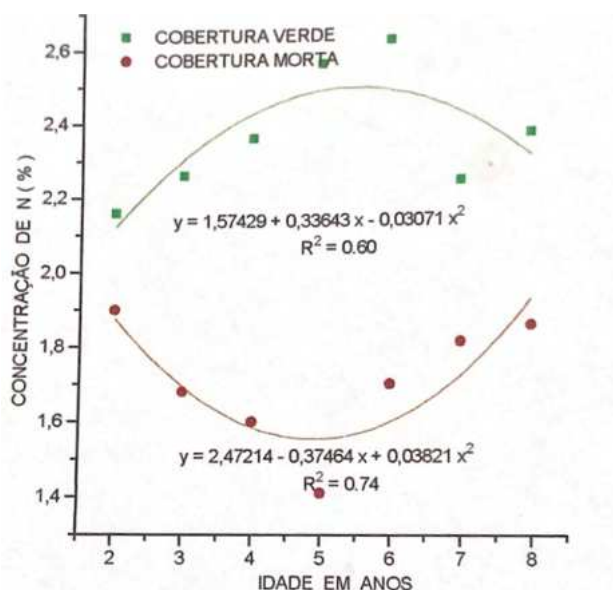


Figura 1 – Concentração de nitrogênio na cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

A equação de regressão que melhor se ajustou à variação dos teores de nitrogênio nas coberturas verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade, foi a quadrática.

Nos resultados da concentração média do fósforo das coberturas verde e morta da *Pueraria phaseoloides* (figura 2 e 3), observou-se variação na concentração de fósforo, com exceção do quinto até o sétimo anos da parte morta, e no segundo, terceiro e quinto anos, da parte verde, onde os valores foram iguais. Os teores de fósforo na cobertura verde foram superiores aos obtidos na cobertura morta, em todos os anos, em função da translocação do fósforo para as partes novas da planta. Os teores na cobertura verde variaram de 1,1 g/kg a 2,6 g/kg e, na morta, de 0,5g/kg a 1,3 g/kg. A maior concentração,

tanto na parte verde quanto na parte morta, foi no oitavo ano, com 2,6 g/kg e 1,3 g/kg, respectivamente, demonstrando a crescente demanda desse elemento no oitavo ano pela leguminosa.

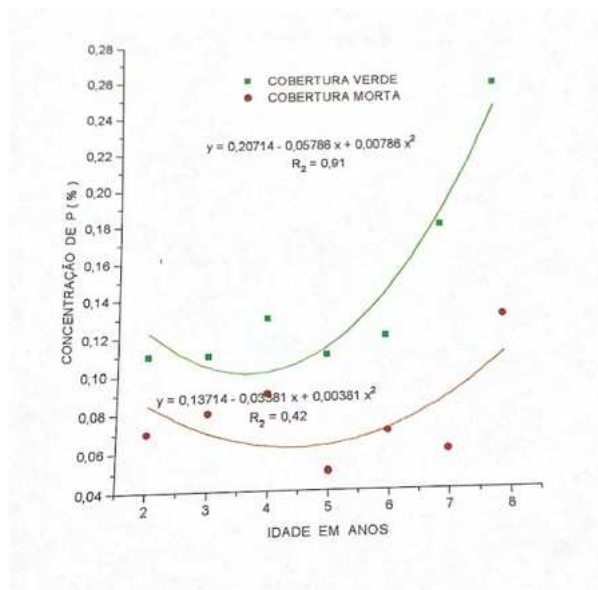


Figura 2 – Concentração de fósforo na cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

A faixa ótima da concentração de fósforo para *Pueraria phaseoloides* determinada por SHORROCKS (1964), em condições de casa de vegetação, utilizando solução nutritiva e tendo como substrato areia, variou de 4g/kg a 4,5 g/kg de fósforo, sendo que a deficiência moderada seria 1,3g/kg e a aguda de 1 g/kg. Pelos resultados da concentração de fósforo obtidos nesta pesquisa, depreende-se que todos os valores se encontram abaixo da faixa estabelecida pelo referido pesquisador e, de modo geral, mais próximos da faixa de deficiência. Essa baixa concentração de fósforo vem ratificar o que já foi discutido com relação às baixas concentrações de nitrogênio.

As concentrações de fósforo encontradas por COSTA (2012) são bastante semelhantes às obtidas no oitavo ano na presente pesquisa. Pelos resultados das concentrações de fósforo nas diferentes partes e idades do plantio percebe-se que, ao contrário do que aconteceu com o nitrogênio, os teores de fósforo, de um modo geral, nos primeiros anos não sofreram muita flutuação, tanto na cobertura verde quanto na morta, para, depois, a partir do sexto (cobertura verde) e sétimo (cobertura morta), terem um acréscimo muito grande, o que demonstra que a concentração do elemento aumentou com o transcorrer dos anos, possivelmente devido às raízes explorarem um maior volume de solo e pela melhoria na solubilização do fósforo.

A equação de regressão que melhor explicou a variação dos teores de fósforo nas coberturas verde e morta da leguminosa em função da idade foi a do segundo grau.

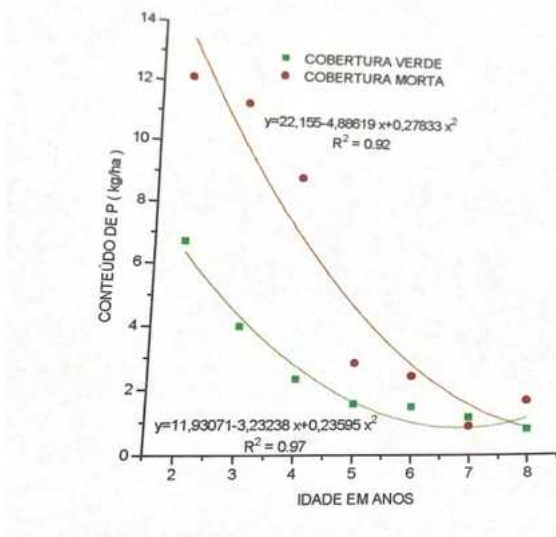


Figura 3 – Conteúdo de fósforo na cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

Os resultados da concentração média de potássio nas coberturas verde e morta na *Pueraria phaseoloides* mostram que ocorreram variações com o decorrer dos anos, porém somente na cobertura verde. A exemplo do nitrogênio e do fósforo, houve maior concentração de potássio na parte verde, atingindo valores até 19 vezes superiores aos teores obtidos na cobertura morta. Os teores de potássio na parte verde da leguminosa variaram de 6,0 g/kg a 20,1 g/kg sendo o mais alto no segundo ano para, posteriormente, diminuir com a idade, porém sem obedecer à ordem cronológica.

A concentração ótima de potássio para *Pueraria phaseoloides*, segundo SHORROCKS (1964), encontra-se na faixa de 15 g/kg a 23 g/kg de potássio, a deficiência moderada de 6g/kg e a aguda de 4 g/kg. De acordo com os teores de potássio obtidos neste trabalho, constata-se que os da cobertura morta encontram-se abaixo da deficiência aguda, enquanto os da cobertura verde, correspondentes ao segundo, quarto e oitavo anos, estão contidos na faixa ótima, e os demais acima da deficiência moderada. Essa baixa concentração de potássio pode ser consequência dos altos teores de cálcio na *Pueraria phaseoloides*, ocorrendo a inibição competitiva entre os dois nutrientes. Na cobertura morta os baixos teores são devidos à translocação do potássio para as partes mais novas da planta e à alta solubilidade do nutriente na planta. É possível, também, que seja consequência da absorção de potássio pelas raízes do dendezeiro, o qual é bastante exigido deste elemento

na fase de produção. A concentração de potássio na *Pueraria phaseoloides* pesquisada por PULGAR CASTRO(2003) na Unidade Família Pecuária Sustentável no Trópico Úmido; localizado no distrito de José Crespo e Castelo – Aucayacu, província de Leôncio Prado, região de Huánuco - Peru, encontrando valores superiores do presente trabalho.

A Figura 4 apresenta as equações de regressão das concentrações de potássio nas coberturas verde e morta da *Pueraria phaseoloides* em função da idade.

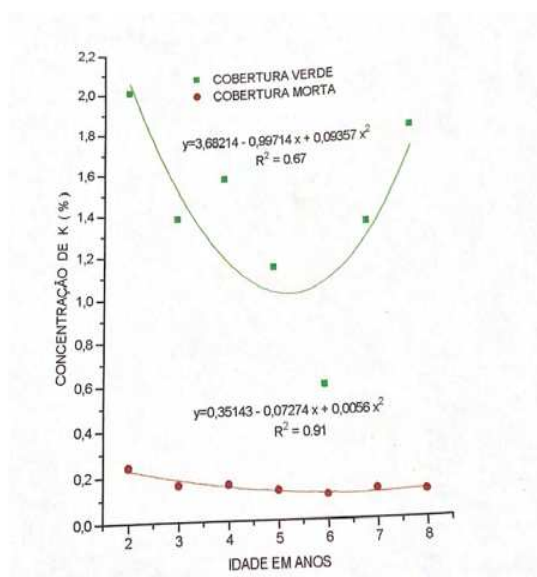


Figura 4 – Concentração de potássio da cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

Quanto aos teores de cálcio nas coberturas verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, observa-se, de maneira geral, que a concentração de cálcio diminuiu com a idade, principalmente no decorrer do sétimo e oitavos anos, porém sem obedecer a ordem decrescente lógica.

A concentração de cálcio na cobertura morta da leguminosa variou de 12,1 g/kg a 22,4 g/kg e, na parte verde, de 12,0 g/kg a 14,9 g/kg. A cobertura morta apresentou maior concentração do elemento no segundo, terceiro e quarto anos, enquanto na cobertura verde a maior concentração foi no terceiro, quinto e sexto anos. A concentração ótima de cálcio para a *Pueraria phaseoloides* recomendada por SHORROCKS (1964) é de 6 g/kg a 10 g/kg, a deficiência moderada, de 1,1 g/kg e a aguda, de 1,4 g/kg de cálcio. Pelos resultados obtidos no presente trabalho, verifica-se que as concentrações do nutriente, tanto da cobertura verde quanto da morta, encontram-se acima do intervalo superior, ou seja, maior que 1%. Essa maior concentração de cálcio deve-se possivelmente ao uso de adubações fosfatadas com fosfato de rocha, na base de 500 kg/ha aplicado a lanço,

logo após o enleiramento e pelas frequentes adubações nos dendezeiros com superfosfato triplo e, em alguns anos, com fosfato de rocha. Essa alta concentração deve-se também à baixa concentração do potássio no solo, existindo menor competição na absorção do cálcio. A concentração de cálcio na *Pueraria phaseoloides* pesquisada por PULGAR CASTRO (2003) na Unidade Família Pecuária Sustentável no Trópico Úmido; localizado no distrito de José Crespo e Castelo – Aucayacu, província de Leôncio Prado, região de Huánuco - Peru, encontrando valores superiores do presente trabalho.

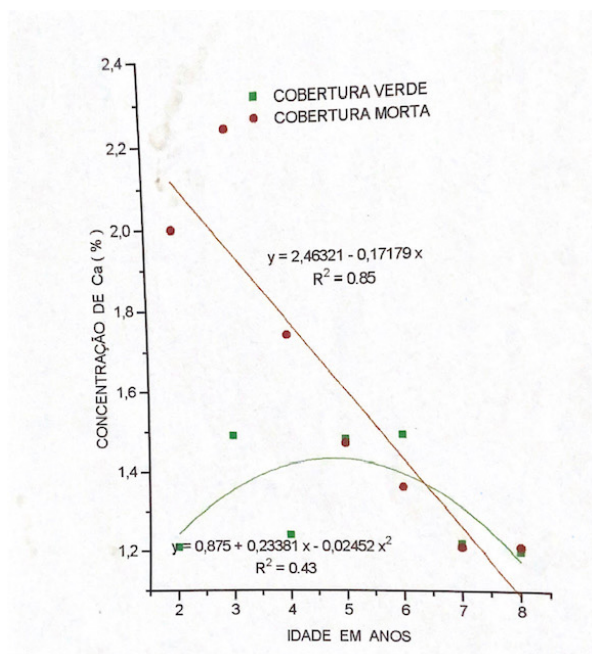


Figura 5 – Concentração de cálcio de cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

Nos primeiros anos a concentração de cálcio na cobertura morta foi maior que na cobertura verde, devido à baixa mobilidade do elemento, na planta, que se acumula nas partes velhas. Com o tempo, como consequência da decomposição da cobertura morta, da solubilização dos adubos fosfatados e da exploração de maior volume de solo pelas raízes das plantas, as diferenças entre os teores na cobertura verde e morta tendem a diminuir.

A equação de regressão linear foi a que melhor se ajustou para a cobertura morta e a quadrática para a cobertura verde.

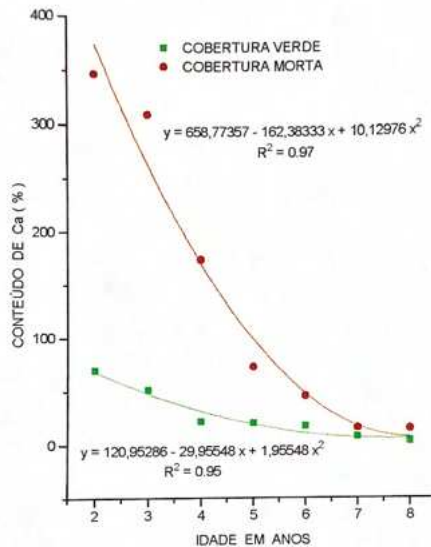


Figura 6 – Conteúdo de cálcio da cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

Nos resultados das concentrações de magnésio das coberturas verde e morta da *Pueraria phaseoloides* em função da idade, nota-se que, à semelhança do nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, ocorreu variação da concentração de magnésio com a idade.

A concentração de magnésio na cobertura verde da leguminosa variou de 1,7 g/kg a 2,7 g/kg, sendo as mais altas no sexto e sétimos anos. Na cobertura morta o comportamento das concentrações de magnésio foi bem diferente, variando de 1,3 g/kg a 2,5 g/kg, sendo os maiores teores no segundo, terceiro, quinto e oitavo anos e menores no quarto, sexto e sétimo anos.

As variações nas concentrações de magnésio foram menores do que as do nitrogênio e do cálcio e maiores do que as do fósforo e do potássio. SHORROCKS (1964) estabeleceu a faixa ótima para concentração de magnésio nas folhas de *Pueraria phaseoloides* de 3,8 g/kg a 6,0 g/kg na deficiência moderada de 1,4 g/kg e a aguda com 0,7 g/kg. Pelos resultados obtidos da concentração de magnésio deste trabalho, depreende-se que os valores se encontram abaixo da faixa estabelecida pelo pesquisador citado, porém acima do valor da deficiência moderada, com exceção da cobertura morta no sétimo ano, cuja concentração foi de 1,3 g/kg de magnésio. Essa baixa concentração no presente trabalho deve-se ao baixo teor do elemento no solo (Tabela 1) e aos altos teores de cálcio determinados na leguminosa, ocorrendo a inibição competitiva entre o cálcio e o magnésio. A deficiência de magnésio tem sido observada comumente nos plantios de dendezeiro e de seringueira na Amazônia que utilizam a *Pueraria phaseoloides* como planta de cobertura de solo. A concentração de magnésio na *Pueraria phaseoloides* pesquisada por PULGAR CASTRO

(2003) na Unidade Família Pecuária Sustentável no Trópico Úmido; localizado no distrito de José Crespo e Castelo – Aucayacu, província de Leôncio Prado, região de Huánuco - Peru, encontrando valores inferiores do presente trabalho

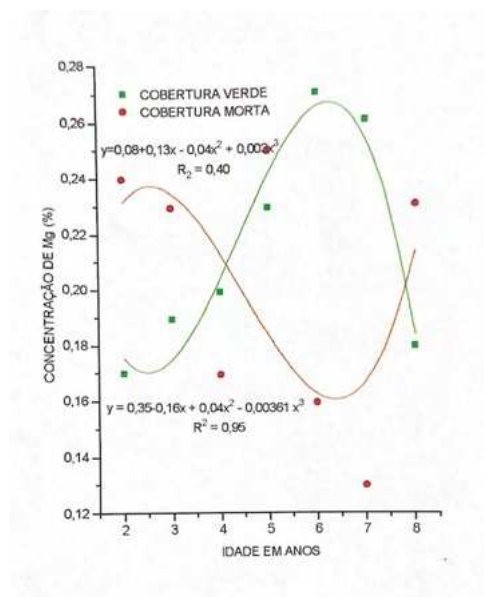


Figura 7 – Conteúdo de magnésio da cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

As equações de regressão da concentração de magnésio na cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides* são apresentadas na Figura 6, mostrando melhor ajuste para as do segundo grau.

Os resultados da concentração de enxofre nas coberturas verde e morta da *Pueraria phaseoloides* em função da idade mostraram que as maiores concentrações foram observadas na cobertura morta, cuja variação foi de 0,5g/kg a 1 g/kg de enxofre, ocorrendo as maiores concentrações no terceiro, quarto, sexto e sétimo anos, apresentando, portanto, uma flutuação acentuada (acréscimos e decréscimos de um ano para o outro) nas diferentes idades do plantio. As maiores concentrações de enxofre na cobertura morta são devidas à baixa mobilidade do nutriente na planta, onde se acumula nas partes mais velhas. Na cobertura verde da leguminosa os teores variaram de 0,4 g/kg a 0,7 g/kg de enxofre, porém, do ponto de vista estatístico, essa variação não foi significativa com a idade do plantio,

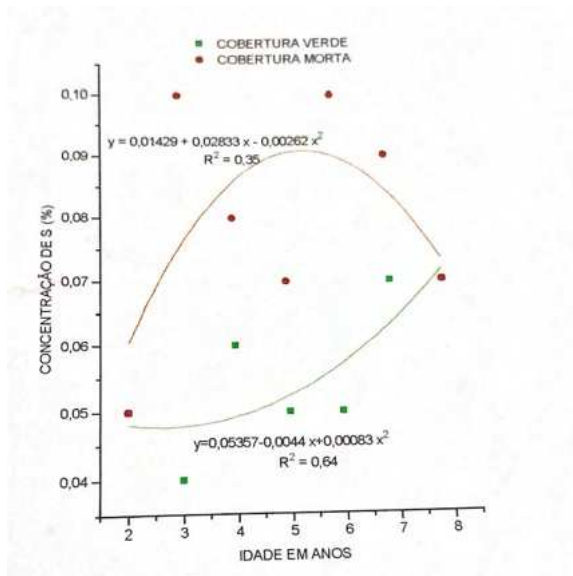


Figura 8 – Concentração de enxofre da cobertura verde e morta da *Pueraria phaseoloides*, em função da idade.

De acordo com SHORROCKS (1964), os teores foliares ótimos de enxofre para a *Pueraria phaseoloides* estariam na faixa de 3,5 g/kg a 9,0 g/kg de enxofre, a deficiência moderada em 1,6 g/kg e a aguda 1 g/kg. Com base nesses valores, depreende-se que as concentrações de enxofre desta pesquisa enquadram-se na deficiência aguda.

As equações de regressão da concentração de enxofre, tanto da cobertura verde quanto da morta em função da idade, podem ser estimadas pelas do segundo grau.

4 | CONCLUSÃO

Os resultados apontam que a produção de matéria seca da *Pueraria Phaseoloides* diminuiu com o decorrer dos anos, apresentando uma ordem cronológica decrescente: 2° ano > 3° ano > 4° ano > 5° ano > 6° ano > 7° ano > 8° ano. A produção de matéria seca da cobertura morta da *Pueraria phaseoloides* foi superior ao da cobertura verde.

As concentrações de N, P, Ca, Mg e S apresentaram variações com a idade, tanto na cobertura verde quanto na cobertura morta da *Pueraria phaseoloides*. O potássio apresentou variação na concentração somente na cobertura verde da *Pueraria phaseoloides*. As concentrações de N, P e K foram mais altas na cobertura verde da *Pueraria phaseoloides*, enquanto as de Ca, Mg e S o foram na cobertura morta e a ordem relativa da concentração dos macronutrientes na cobertura verde da *Pueraria phaseoloides* foi: N > K > Ca > Mg > P > S e na cobertura morta N > Ca > Mg > K > S > P.

REFERÊNCIAS

AMBIENTAL, Eng; FLORESTAL, Eng. Aloisio Rodrigues Pereira, Dr.

BOLFE, Édson Luis; BATISTELLA, Mateus. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1139-1147, 2011.

COSTA, N.L. et al. **Resposta de Pueraria phaseoloides (Benth.) à adubação fosfatada em presença ou não de fungo micorrízico**. PUBVET, Londrina, V. 6, N. 9, Ed. 196, Art. 1315, 2012.

DOS REIS, Pamella Carolline Marques et al. Dinâmica de espécies da família Lecythidaceae, após a exploração florestal, no município de Moju-PA. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 64., São Luis, 2012. Ciência, cultura e saberes tradicionais para enfrentar a pobreza. São Luís: SBPC: UFMA, 2012., 2012.

I.R.H.O. Institut de Recherch pour les Huilles et Oleagineux. **Analyses minerals des plantes, methodes**. Montpellier, GERDAT. 1980

LAGUNES RIVERA, Sergio Alberto et al. Produção de matéria seca e valor nutricional de quatro leguminosas herbáceas na zona tropical de Hueytamalco, Puebla, México. **Revista Mexicana de Ciências Pecuárias**, v. 10, n. 4, pág. 1042-1053, 2019.

NICODEMO, M. L. F. et al. Frequências de cortes em nove leguminosas forrageiras tropicais herbáceas cultivadas ao sol e sob plantação florestal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, p. 809-818, 2015.

PEREIRA, J., LOBATO, E. Efeito de adubo verde, restos culturais e associação de cultivos em um Latossolo Vermelho-Amarelo (LV) de Cerrados. IN: **RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DO CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS**, 1985/1987. Planaltina-DF. 2(2.4.1.4): p. 109-110. 1991.

PULGAR CASTRO, Gilman Josué. **Uso de tres especies de leguminosas Centrosema macrocarpum Benth, Mucuna puriens L., Pueraria phaseoloides para la recuperación de pasturas degradadas en el Distrito de José Crespo y Castillo-Aucayacu**. 2013.

Santos, P. L., Silva, J. M. L., Silva, B. N. R., Santos, R. D., & Rego, G. S. (2003) **Caracterização e potencialidade dos solos do Campo Experimental de Moju**. EMBRAPA, 1 (1).

SARRUGE, J.R., HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**., Departamento de química. E.S.A. Luís de Queiroz. U.S.P., Piracicaba, SP 19747. 170 p.

SHORROCKS, V.M. **Mineral deficiencies in hevea and associated cover plants**. Rubber Research. Institute. Malaysia. Kuala Lumpur 1964. 76p.

CAPÍTULO 15

AVALIAÇÃO DA MICROESTRUTURA POR DIFRAÇÃO DE RAIO-X EM SUCO DE UMBU OBTIDO POR CO-CRISTALIZAÇÃO

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 10/05/2022

Milton Nobel Cano-Chauca

Professor do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros
Montes Claros, Minas- Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1033917187117771>

Claudia Regina Vieira

Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Regional de Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2543069905385753>

Kelem Silva Fonseca

Pesquisadora da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada Pernambuco
<http://lattes.cnpq.br/3426588794620789>

Marcos Ferreira dos Santos

Discente do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7697048375577924>

Gabriela Fernanda da Cruz Santos

Discente do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4112573504235220>

Heron Ferreira Amaral

Discente do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7965626342260611>

Livia Aparecida Gomes Silva

Discente do curso de Engenharia de Alimentos, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros
Montes Claros, Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1081528215970311>

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da microestrutura sobre a propriedade funcional de higroscopicidade no suco de umbu em pó. Para a preparação das amostras utilizou-se polpa de umbu, adquirida no comércio local com um teor de sólidos totais solúveis de 5,6°Brix. A polpa foi concentrada até alcançar um teor médio de sólidos totais de 16°Brix. O pH da polpa foi corrigido para 4,5; 4,0 e 3,5 utilizando CaCO₃. Para a produção do suco em pó foram utilizadas concentrações de polpa de 15% e 20% (p/p). O co-cristalizado foi obtido utilizando xarope de sacarose com 70° Brix o qual foi concentrado até 98° Brix. Logo após, foi adicionada a polpa de umbu, agitou-se a mistura, ocorrendo a cristalização espontaneamente. As amostras foram secas em estufa a 50°C, e trituradas e armazenadas. Foram determinadas análises de microestrutura através de difração raio-x e a higroscopicidade através do método

de dessecador. As análises de difração raio-x indicaram todos os sistemas apresentaram materiais cristalinos, ou seja, há presença de picos bem definidos, em ângulos específicos (2θ) correspondendo para cada ângulo picos de alta intensidade. Para a higroscopicidade, as análises apontaram que o tratamento com 15% de polpa apresentou valores de absorção d'água de 3,8; 4,1; 5,1g para os pHs 4,5; 4,0 e 3,5 respectivamente. Já o tratamento com 20%, apresentou valores de ganho de água de 6,8 para o pH 4,5; 9,9 para o pH 4,0 e 10,6 para o pH 3,5. Pode-se concluir que o suco de umbu em pó apresentou superfícies cristalinas em todos os tratamentos independentemente do pH e da concentração. Conclui-se ainda que o suco produzido em pH 4,5 e 4,0 resultaram em menores valores de higroscopicidade evidenciando maior estabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Co-cristalização, solubilidade, higroscopicidade, umbu.

X-RAY DIFFRACTION MICROSTRUCTURE ANALYSIS IN UMBU JUICE POWDER OBTAINED BY CO-CRYSTALLIZATION

ABSTRACT: The present work aimed to evaluate the effect of microstructure on the functional property of hygroscopicity in umbu juice powder. For the preparation of the samples, umbu pulp was used, acquired in the local market with a content of total soluble solids of 5.6°Brix. The pulp was concentrated until reaching an average total solids content of 16°Brix. The pulp pH was corrected to 4.5; 4.0 and 3.5 using CaCO_3 . For the production of powdered juice, pulp concentrations of 15% and 20% (w/w) were used. The co-crystallized was obtained using sucrose syrup with 70° Brix which was concentrated to 98° Brix. Soon after, the umbu pulp was added, the mixture was stirred, and crystallization occurred spontaneously. The samples were dried in an oven at 50°C, crushed and stored. Microstructure analyzes were determined through X-ray diffraction and hygroscopicity through the desiccator method. X-ray diffraction analyzes indicated that all systems presented crystalline materials, that is, there are well-defined peaks at specific angles (2θ) corresponding to high intensity peaks for each angle. For hygroscopicity, the analyzes showed that the treatment with 15% of pulp presented water absorption values of 3.8; 4.1; 5.1g for pH 4.5; 4.0 and 3.5 respectively. The treatment with 20% showed water gain values of 6.8 for pH 4.5; 9.9 for pH 4.0 and 10.6 for pH 3.5. It can be concluded that the powdered umbu juice presented crystalline surfaces in all treatments regardless of pH and concentration. It was also concluded that the juice produced at pH 4.5 and 4.0 resulted in lower hygroscopicity values, evidencing greater stability.

KEYWORDS: Co-crystallization, solubility, hygroscopicity, umbu.

1 | INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondia tuberosa* Arruda Câmara) talvez seja cultura de maior importância cultural, econômica e social da Região Nordeste e norte mineiro. É uma fruteira nativa das regiões semi-áridas adaptado ao calor aos solos pobres a falta de água. O umbu é um fruto nativo suculento e rico em sais minerais e vitaminas que contribui consideravelmente na dieta do sertanejo, além disso, ajuda a sobrevivência de centenas de famílias como fonte de renda familiar (Mendes, 1990). Em Minas Gerais o fruto pode ser encontrado em Porteirinha, Pai Pedro, Serranópolis de Minas, Jaíba, Riacho dos

Machados, Janaúba, Capitão Enéas, Ibiracatu e Varzelândia. Nesses municípios, durante a safra, que vai de dezembro a março, a coleta do umbu no mato envolve famílias inteiras, que vendem o produto na beira das estradas da região. Devido à grande demanda na época da colheita, que é de curta duração, o quilo de umbu “in natura”, pago ao produtor, é muito baixo ocasionando grande perda do produto na safra (Mendes, 1990).

A divulgação das propriedades nutritivas do umbu - rico em vitaminas e minerais tem despertado interesse pelos consumidores, estimulando o consumo nos Estados do Sul, Sudeste e Nordeste, ampliando a exploração desse produto para essas regiões, abrindo um novo horizonte na produção industrial.

O umbu é um fruto altamente perecível onde tem que ser processado rapidamente, não resistindo mais do que 3 dias sem refrigeração. O umbu na atualidade vem sendo comercializado no mercado nacional em forma de polpa congelada. Esta técnica de preservação, apesar de ser eficiente, apresenta problemas de: contaminação microbiana, perda de cor, sabor e odor e elevado custo de processo. A mudança de cor deve-se a problemas de oxidação (vitamina C, pigmentos). As alterações do sabor estão ligadas à oxidação enzimática das matérias. Esse fato evidencia a urgente necessidade de processos simples e baratos para conservar esses alimentos extremamente perecíveis.

O umbu é um produto com características organolépticas próprias que poderia encontrar uma abertura no mercado internacional com a condição de que sua qualidade seja satisfatória e constante uma conservação prolongada do produto permitiria seguramente aumentar o volume de comercialização nos diferentes mercados internos e externos e ter um consumo mais bem distribuído ao longo do ano todo e poder exigir uma qualidade superior do produto.

A co-cristalização é um método de encapsulação, na qual a estrutura do cristal de sacarose é modificada de um cristal puro para um conglomerado. Esta estrutura providencia uma configuração porosa para a adição de um segundo ingrediente (Berestain, 1994). O processo de co-cristalização se inicia com a concentração do xarope de sacarose de 70° Brix até a solução tornar-se supersaturada (97°Brix), aquecida por alguns segundos. À Solução supersaturada é adicionado o segundo ingrediente e promove-se então uma agitação enérgica, sem a necessidade de aquecimento.

De acordo com Awad e Chen (1993), a forma como se incorpora o segundo ingrediente é de fundamental importância, para a produção de co-cristalizados. Primeiro este inibe uma prematura cristalização permitindo que o processo seja controlável e reproduzível e segundo esta melhora as propriedades funcionais de higroscopicidade, solubilidade, pegajosidade em produtos co-cristalizados. Assim O presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da microestrutura sobre a propriedade funcional de higroscopicidade.

2 | METODOLOGIA

A. Matéria prima

Para a preparação das amostras utilizou-se polpa de umbu, adquirida no comércio local com um teor de sólidos totais solúveis de 5,6°Brix e pH de 2,4.

B. Preparo das amostras

A polpa antes de ser co-cristalizada foi concentrada até alcançar um teor médio de sólidos totais de 16°Brix. Foi corrigido o pH da polpa para 3,5, pH 4,0 e pH 4,5 utilizando carbonato de cálcio. Logo após foi adicionada ao xarope de sacarose utilizando concentrações de polpa de 15 e 20% (p/p).

C. Co-cristalizado

O trabalho foi desenvolvido em batelada. O xarope de sacarose foi concentrado de 70° Brix numa chapa com aquecimento e agitação mecânica até atingir 98° Brix. Logo após, foi adicionada a polpa de umbu agitou-se energeticamente a mistura, onde a cristalização ocorreu espontaneamente. Logo após, as amostras foram secas em estufa 50°C e trituradas para sua posterior utilização.

D. Análise de higroscopicidade

Para esta análise foram pesados de 1 a 2 gramas de suco de umbu em pó e colocados em placas petri dentro de um dessecador contendo solução saturada de KCl com atividade de água de 0,85. A análise foi realizada temperatura de 25°C. As amostras foram pesadas em intervalos de 24 horas, por um período de 12 dias.

E. Análise de difração raios-X

A difração de raios-X (DRX) do suco de umbu em pó foi realizada em aparelho Rigatzu DMAX-2A, utilizando-se o tubo de Co ($K\alpha_{1+2}$) com monocromador de grafite curvo no feixe difratado. As condições de operação foram em 40 KV de potência e 30 mA de corrente, usando-se amostras não orientadas nas quais se fez uma varredura de 4 a 50° 2 θ , com incremento passo a passo de 0,02° 2 θ por 0,5 segundo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSAO

A. Análise de difração raios-X

Na Figura 1, observa-se o perfil de difração de raio-x, das partículas de pó para os tratamentos utilizando concentrações de 15 e 20% de polpa e pHs de 4,5, 4,0 e 3,5. De acordo com o difractograma, todos os sistemas apresentaram materiais cristalinos, ou seja, há presença de picos bem definidos, em ângulos específicos (2 θ) correspondendo para cada ângulo picos de alta intensidade. Verifica-se nestas figuras que os tratamentos em pHs de 4,5 e 4,0 apresentaram superfícies cristalinas como pode ser constatado pela

presença de picos com valores de intensidade em torno de 850 a 1300 (Figuras 1A e 1E), ao passo que o tratamento em pH 3,5 apresentou superfícies cristalinas com menores valores de intensidade resultando em menor grau de cristalinidade. Esta característica de material cristalino pode ser devido ao fato que o processo de co-cristalização implica a formação de um conglomerado de pequenos cristais de açúcares (sacarose) o que confere uma alta estabilidade ao material obtido. O comportamento do perfil de difração de raio-x desta pesquisa foi similar aos encontrados por Chidavaenzi et al. (2001), que estudaram o efeito de polietileno glycol 4000 sobre a cristalização de lactose durante o processo de *spray drying*. Pode ser ainda verificado na Figura 1 que todos os tratamentos apresentaram o mesmo comportamento com perfis similares característicos de partículas cristalinas.

B. Análise de higroscopicidade

A absorção d'água em pós ricos em açúcares podem conduzir a mudanças nas propriedades de fluxo tendo como resultados problemas de *stickiness* e *caking*. As Figuras 2A e 2B, apresentam o grau de absorção d'água dos pós de suco de umbu obtido por co-cristalização em função ao tempo de armazenagem, para todos os tratamentos.

Observa-se na Figura 2A que o suco de umbu em pó produzido na concentração de 15% de polpa e exposto à umidade relativa de 85%. Apresentaram valores de absorção d'água de 3,8; 4,1; 5,1g para os pHs 4,5; 4,0 e 3,5 respectivamente. Nota-se, por esta mesma Figura que todos os sistemas tiveram um ganho de água em função do tempo de armazenagem, porém, o suco com pH 3,5 apresentou uma maior absorção de água em relação aos demais. O estado físico, cristalino ou amorfo em que se encontram as redes moleculares dos açúcares, influencia significativamente a retenção da água. Este estado físico depende, em grande parte, dos tratamentos tecnológicos e da maneira de realizar as operações básicas (Cheftel e Cheftel 1992). A retenção de água é dependente de interações açúcar-água, e influencia em certas propriedades físicas dos alimentos como absorção, suculência, adesão, dispersibilidade, solubilidade e viscosidade. As superfícies cristalinas apresentam baixos valores de ganho de água quando comparado a outros processos como *spray drying* que apresentam estruturas amorfas e ganhos acima de 30g (Cano-Chauca, et al., 2005). Quando o açúcar se encontra no estado cristalino há uma menor possibilidade de ligação com as moléculas de água, por haver uma maior organização e rigidez do sólido, ao passo que no estado amorfo há uma maior exposição dos grupos funcionais à umidade e conseqüentemente uma maior absorção da mesma. Sólidos amorfos absorvem consideravelmente mais água que sólidos cristalinos a baixas atividades de água e somente em altas atividades de água é que ambos absorvem quantidades similares de água (Saltmarch & Labuza, 1980). Na Figura 2B verifica-se que o suco de umbu produzido na concentração de 20% em pH 4,5 ao final de 12 dias de exposição à umidade relativa de 85%, apresentaram valores de ganho de água de 6,8; 9,9 e 10,6. para os pHs de 4,5; 4,0 e 3,5, respectivamente. Nota-se, por esta mesma Figura, que todas as amostras tiveram um

ganho de água em função do tempo de armazenagem, porém, o suco produzido em pH 4,5 apresentou um menor ganho de água em relação aos demais. Os resultados encontrados nesta pesquisa estão de acordo com os encontrados por De Almeida (1995), que verificou que pós contendo materiais cristalinos absorvem menor quantidade de água quando expostos a diferentes umidades relativas pode ser verificado ainda nesta Figura que o tratamento utilizando concentração de polpa de 20% apresentou maior ganho de absorção de água quando comparado ao tratamento de 15%, fato que pode ser devido a que a maior concentração de polpa afetou a microestrutura de suco afetando a cristalinidade do material conforme evidenciado no perfil de difração de raio-x que resultou para a concentração de 20% em menores valores de intensidade (Figura 1D, 1E e 1F).

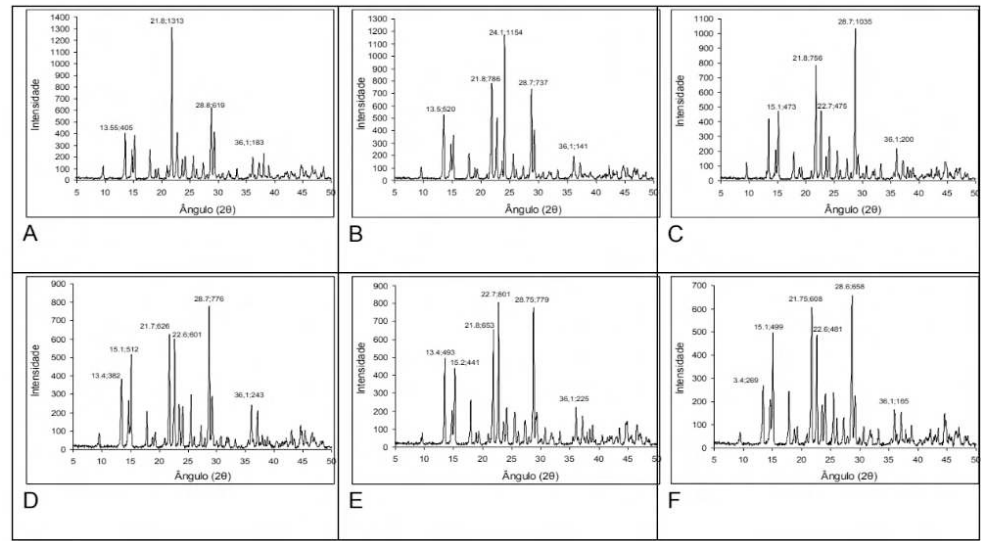


Figura 1 - Análise de difração de Raios-X em suco de pó obtido por co-cristalização a diferentes concentrações e pHs. A).pH 4,5 e concentração de 15%; B).pH 4,0 e concentração de 15%; C) pH 3,5 e concentração de 15%; D).pH 4,5 e concentração de 20%; E).pH 4,0 e concentração de 20%; F) pH 3,5 e concentração de 20%.

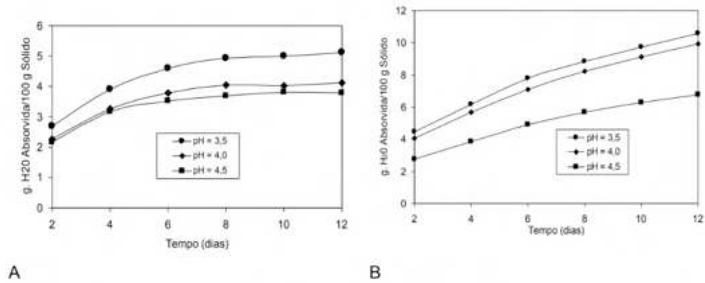


Figura 2 - Grau de absorção da água de pós de suco de umbu exposta a umidade relativa de 85% e temperatura de 25°C: A) concentração de 20%; B) concentração de 15%.

4 | CONCLUSÃO

- O suco de umbu em pó apresentou superfícies cristalinas em todos os tratamentos independentemente do pH e da concentração.
- O suco produzido em pH 4,5 e 4,0 resultou em maior estabilidade e menor higroscopicidade em todos os tratamentos utilizados
- O grau de cristalinidade influencia na propriedade funcional de higroscopicidade.

REFERÊNCIAS

1. AWAD, A., CHEN. A., A New Generation of Sucrose Products Made by Cocrystallization. Food Technology, p 146-148, 1993.
2. BERISTAIN, C.I., MENDOZA, R.E., GARCIA, H.S., VASQUEZ, A. Cocrystallization of Jamaica (*Hibiscus sabdarifa* L.) Granules, Lebensm-Wiss.u-Tecnology, v. 27, p.347-349, 1994.
3. CANO-CHAUCA, M. ; STINGHETA, P. C. ; RAMOS, A. M. . Effect of the Carriers on The Microstructure o Mango Powder Obtained by Spray-Drying and Its Funtional Characterizarion. Innovative Food Science & Emerging Technologies, Alemanha, v. 06, n. aceito, p. 420-428, 2005
4. CHIDAVAZENZI, O.C.; BUCKTON, G.; KOOSHA, F. The of co-spray drying with polyethylene glycol 4000 on the crystallinity and physical form lactose. International Journal of Pharmaceutics, v.216, p. 43-49, 2001.
5. CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Zaragoza, España: Editorial Acribia, 1992. v.1, 333p.
6. DE ALMEIDA, L.C. Indução de cristalinidade durante o congelamento de soluções-modelo com açúcares de frutos com adição de álcoois para reduzir a higroscopicidade dos correspondentes pós-liofilizados. 1995. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras.
7. MENDES, B.V. Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara): importante frutífera do semi-árido. Coleção Mossoroense. Série C- v.164. 1990. 67p.

CAPÍTULO 16

SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MELÃO E MELANCIA

Data de aceite: 01/06/2022

Amália Santos da Silva Veras

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/2440383630370636>

Antonio Emanuel Souta Veras

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/8456378573482723>

Aldenice Oliveira Conceição

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/3460543155460811>

João Ítalo Marques Carvalho

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/9006007944914193>

Valdrickson Costa Garreto

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/5104191465698748>

Daniela Abreu de Souza

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/9692849591069861>

Fabiola Luzia de Sousa Silva

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha – Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/4527314930415453>

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Universidade Federal do Maranhão
Chapadinha - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

RESUMO: O setor de fruticultura representa uma das principais atividades que vem gerando empregos, na região nordeste principalmente no Vale do São Francisco. Entretanto atualmente vem-se adotando novas técnicas para implantação de culturas agrícolas no campo, como a produção de mudas que representa uma maior porcentagem de sobrevivência das plantas e um dos seus aliados para maior efetividade é o substrato que vem sendo considerado fundamental nessa etapa, dando ênfase para produção de melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus lanatus*), onde são consideradas culturas que podem ser cultivados em todo o Brasil e possuem grande produtividade. Para manter a qualidades das mudas o fornecimento de água deve ser constante para acelerar seu desenvolvimento e potencializar a produção, no entanto, o excesso de água tem que ser evitado, pois favorece o surgimento de pragas e doenças. O substrato ideal elevada capacidade de retenção de água, mantém a aeração para que as raízes não sejam submetidas a baixos níveis de oxigênio, possui decomposição lenta, que seja disponível para a compra e de baixo custo. Possui como principais substratos para produção de mudas de melão e melancia o resíduo da casca do coco, húmus de minhoca + solo, casca de arroz carbonizada (*Oryza sativa*), esterco bovino e areia, esterco de ovino, resíduo

de carnaúba (*Copernicia prunifera*) e caule decomposto da palmeira de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.). O objetivo do substrato é fornecer uma boa qualidade as mudas que serão produzidas de melão e melancia. Portanto observou-se que é possível a produção de mudas de melão e melancia com substratos, garantindo qualidade e plantas saudáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Mudanças de qualidade, boa aeração, resíduos orgânicos.

SUBSTRATES FOR PRODUCTION OF MELON AND WATERMELON SEEDLINGS

ABSTRACT: The fruit growing sector represents one of the main activities that has been generating jobs, in the northeast region, mainly in the São Francisco Valley. However, currently, new techniques are being adopted for the implantation of agricultural cultures in the field, such as the production of seedlings that represents a greater percentage of plant survival and one of its allies for greater effectiveness is the substrate that has been considered fundamental at this stage, giving emphasis on the production of melon (*Cucumis melo* L.) and watermelon (*Citrullus lanatus*), which are considered crops that can be grown throughout Brazil and have high productivity. In order to maintain the quality of the seedlings, the water supply must be constant to accelerate their development and enhance production, however, excess water must be avoided, as it favors the emergence of pests and diseases. The ideal substrate has high water retention capacity, maintains aeration so that the roots are not subjected to low levels of oxygen, has slow decomposition, is available for purchase and at low cost. Its main substrates for the production of melon and watermelon seedlings are coconut husk residue, earthworm humus + soil, carbonized rice husk (*Oryza sativa*), cattle manure and sand, sheep manure, carnauba residue (*Copernicia prunifera*) and decomposed stem of the babassu palm (*Attalea speciosa* Mart.). The objective of the substrate is to provide a good quality seedling that will be produced from melon and watermelon. Therefore, it was observed that it is possible to produce melon and watermelon seedlings with substrates, ensuring quality and healthy plants.

KEYWORDS: Quality seedlings, good aeration, organic residues.

1 | INTRODUÇÃO

A cultura do melão (*Cucumis melo* L.) possui produção expressiva no país, sendo o Nordeste brasileiro responsável pela maior produtividade, exercendo importância social e econômica à região por levar rentabilidade aos produtores (LAURENTINO, 2018). De acordo com Embrapa (2021) quanto a sua origem há registro de seu cultivo no Egito e no Irã desde cerca de 2.500 a.C. Ainda é motivo de controvérsia entre os pesquisadores. Enquanto alguns o situam na Índia e no Irã, outros acreditam que o centro de origem do melão se situe na África.

A melancia é uma planta originária das regiões tropicais da África Equatorial. Atualmente, no Brasil, é considerada uma das mais importantes olerícolas produzidas e comercializadas, sendo superada, apenas, pelas culturas de tomate, batata e cebola (ANDRADE JUNIOR et al., 2007). A melancia (*Citrullus lanatus*), pertencente à família das

cucurbitáceas, a mesma família do melão, abóbora e do maxixe (MEDEIROS; ALVES, 2016).

Por anos o estabelecimento da cultura da melancia no Nordeste brasileiro ocorreu através da semeadura direta, uma vez que o plantio é fácil e o custo das sementes é baixo. Entretanto a adoção da utilização de mudas produzidas em bandejas tem resultados imprescindíveis na produção de melancia (COSTA et al., 2008; SÁ et al., 2017). Isso também ocorreu para cultura do melão. Neste sentido a escolha do substrato é uma das etapas mais importantes na produção de mudas e deve levar em consideração as exigências nutricionais das espécies cultivadas (RAMOS et al., 2012).

Para produção de mudas de qualidade fitotécnica, faz-se necessário a escolha de um substrato que forneça as condições ideais para produzi-las. Dessa forma Andrade et al. (2017) afirmam que no sistema de produção de plantas, incluindo a melancia, o substrato tem importância considerada no desenvolvimento de mudas, que vai influenciar não só na germinação, mas em um aumento considerável na produção.

Desta forma, o uso dos compostos orgânicos como substratos tornou-se uma alternativa factível, uma vez que na sua composição é usada matéria orgânica encontrada na propriedade, facilitando a acessibilidade e aproveitando melhor os resíduos orgânicos, sólidos e/ou líquidos, disponíveis (LIMA et al., 2017).

Portanto essa revisão tem como objetivo avaliar a eficiência de substratos para produção de mudas de melão e melancia, para que se obtenha o máximo de informações acerca do tema para contribuir no aprendizado.

2 | REVISÃO LITERARIA

2.1 Descrição botânica

O meloeiro é uma hortaliça pertence à família botânica cucurbitácea, espécie *Cucumis melo*, apresentando frutos globulares, polpa clara ou alaranjada e sabor acentuadamente doce (FILGUEIRA et al., 2013; BARDIVIESSO et al., 2015). É uma dicotiledônea perene, que apresenta sistema radicular ligeiramente profundo, destacando-se a raiz pivotante. O crescimento do sistema radicular do meloeiro é volumoso, com as raízes desenvolvendo-se até a extensão de suas ramas, podendo atingir 1,2 m de profundidade (MONTEIRO, 2007; LAURENTINO, 2018). Essas características também se enquadram para outra cultura. Entretanto o ciclo do melão varia de acordo com o híbrido ou o cultivar, que pode ser colhido entre 50 e 65 dias (MENDES et al., 2010; CASTILHOS, 2012).

A melancia é uma planta herbácea, com ciclo anual que varia de 70 a 120 dias, de sistema radicular extenso, mas raso, com um predomínio de raízes nos primeiros 60 cm do solo, apresentando folhas profundamente lobadas. É uma planta monóica apresenta flores solitárias, pequenas e de coloração amarela que permanecem abertas durante

menos de um dia. O fruto é um pepônio cujo peso varia entre 1 e 25 kg e chega a 60 cm de comprimento (ALVARENGA; RESENDE, 2002; FILGUEIRA, 2007; LIMA et al., 2017).

2.2 Importância econômica

Nas últimas décadas, o Brasil tem ganhado destaque na produção e comercialização de melão. A produção brasileira é concentrada na Região Nordeste, sendo a fruta exportada para diversos países. O meloeiro é uma cultura típica de clima quente, podendo também ser cultivado na Região Norte, em especial no estado de Rondônia. A implantação da cultura no estado pode representar uma nova fonte de renda para pequenos e médios produtores, contribuindo para a sustentabilidade das propriedades agrícolas (ZEBALOS et al., 2017).

A produção de melancia no Brasil corresponde a 105.064 ha e área colhida e a 2.314.700 t. Onde a região Nordeste é considerada líder em termos de área plantada e de produção, com 36.864 ha e uma produção de 663.458 t, seguido as outras regiões como a sul, norte, centro-oeste e sudeste do País. Dentre os Estados, o Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional (18.551 ha) (DIAS; SANTOS 2019).

2.3 Cultivos e cultivares

No Brasil, a maioria dos melões produzidos é do tipo Amarelo, do qual fazem parte diversas cultivares e híbridos. Os outros pertencem aos tipos Pele de Sapo, Gália, Charentais, Cantaloupe e Honeydew. Esses melões, chamados no mercado de “nobres” em especial o os tipos Cantaloupe e Gália, por serem mais saborosos e de alto valor nutritivo, dessa forma tem sido apreciado pelo mercado consumidor internacional (SALVIANO et al., 2017).

As cultivares de melancia mais plantadas no Brasil são divididas em dois grandes grupos: Grupo americano; cultivares que produzem frutos alongados (cilíndricos), destacando as cultivares Charleston Gray, Fairfax e a Crimson Sweet. O grupo japonês caracteriza-se por produzir frutos arredondados (esféricos), destacando-se a cultivar Omaru Yamato. No entanto, nos últimos anos surgiram diversos materiais híbridos do grupo americano com qualidade superior, com destaque para as cultivares Jetstream, Starbrite e a TopGun (MEDEIROS; ALVES, 2016). De acordo com Dias e Santos, (2019b) as cultivares de melancia do grupo globular são as preferidas nacionalmente, tendo destaque para o tipo ‘Crimson Sweet’ consideradas as mais representativas. As principais são: ‘Crimson Sweet’, ‘Manchester’ (FI), ‘Talisman’ (FI), ‘TopGun’ (FI), ‘Red Heaven’ (FI), ‘Ranger’ (FI), ‘Explorer’ (FI). Outros tipos de melancia são: ‘Magnum’ (FI), ‘Charleston Gray’, ‘Congo’, ‘Esmeralda’, ‘Fairfax’, ‘Jetstream’, ‘Pérola’ e cultivares de menor massa de fruto, onde se incluem, principalmente, as cultivares triploides (“sem sementes”).

2.4 Inovações dos cultivos

Com o intuito de melhorar a incidência de radiação solar no cultivo do meloeiro, a

introdução de novas técnicas de cultivo tem tomado cada vez mais importância no cenário agrícola da cultura (OLIVEIRA, 2020). Vem se utilizando agrotêxtil colorido tanto para cultivos de melão quanto para o de melancia.

O agrotêxtil, tecido não tecido (TNT) ou manta agrotêxtil como é conhecido, é caracterizada de acordo com a norma NBR-13370 como uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos, orientados direccionalmente ou ao acaso, consolidado por processo mecânico e/ou químico e/ou térmico e combinações destes, estas 17 características resultam num material muito leve e de resistência suficiente para sua utilização na agricultura, permitindo a troca gasosa entre o ambiente externo e o ambiente interno e passagem de água (ABINT, 2001; OLIVEIRA, 2020).

O cultivo de melancia protegido, associado às coberturas do solo (mulching), é uma novidade promissora, onde normalmente é usado o plástico de dupla face (branco/preto ou prateado/preto), sendo possível o uso da cobertura do solo com materiais de origem vegetal. Esta forma de cultivo, quando engloba os princípios da produção integrada, em boa eficiência no controle das principais pragas e retarda o surgimento de algumas viroses, como também diminui a aplicação de agroquímicos para controle dos insetos-pragas, além de reduzir o uso de água e de capinas (DIAS; SANTOS, 2019). Ele se emprega para o cultivo de melão.

2.5 Eficiência da produção de mudas com substratos

A formação de mudas é um processo produtivo vital e de grande importância para exploração agrícola (MAGGIONI et al., 2014). Considerando que as cucurbitáceas não toleram de raízes descobertas na formação de mudas (ANJOS et al., 2003; RAMOS et al., 2012). Para Silva et al. (2012) o processo de obtenção de mudas de boa qualidade deve-se escolher um substrato que permita o adequado desenvolvimento das plantas. Um bom substrato deve proporcionar retenção de água suficiente para a germinação, além de permitir a emergência das plântulas, conjuntamente com boa aeração para difusão de oxigênio às raízes, baixa resistência à penetração das raízes e boa resistência à perda de estrutura (SILVA JÚNIOR; VISCONTI, 1991; RAMOS et al., 2012).

Atualmente, a utilização de substratos em sistemas de produção de plantas comparativamente aos cultivos em solo, apresenta algumas vantagens, como o fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, a diminuição do risco de salinização do meio radicular, a possibilidade de manejar a água mais adequadamente, além da redução da ocorrência de problemas fitossanitários, os quais influenciam diretamente no rendimento e na qualidade final dos produtos (ANDRIOLO et al., 1999; STEFFEN et al., 2010).

2.6 Importância do substrato para produção

O uso e preparo do substrato possui grande importância para se obter mudas de qualidade, tendo em vista a falta de recursos naturais, torna-se crescente a busca de

materiais alternativos para ser usado em cultivo de mudas (KLEIN, 2015). A escolha de um substrato, necessita ser observado características físicas, químicas, a cultura que será implantada e os aspectos econômicos (FONSECA, 2001; KLEIN, 2015).

Os compostos orgânicos podem ser utilizados como importante fonte de matéria orgânica e nutrientes para a formulação de um substrato adequando, pois estimulam o desenvolvimento de microrganismos benéficos, proporcionam aumento da capacidade de retenção de água e de nutrientes, melhoram o arejamento e a agregação do substrato às raízes das plantas e aumentam a disponibilidade de nutrientes para a muda. Os compostos atuam, também, no aumento do pH e nos teores de cátions trocáveis (WENDLING; GATTO, 2002; TRAZZI, 2013).

2.7 Substratos mais utilizados

O resíduo da casca do coco maduro tornou-se um substrato agrícola muito utilizado, pois apresenta uma boa estrutura física, alta porosidade e retenção de umidade vantajosa. Além disso, é biodegradável e 100% natural, indicado para germinação, propagação em viveiros em cultivo de flores e hortaliças (ROSA et al., 2002; RAMOS et al., 2012). De acordo com Araújo et al. (2013) o substrato composto por húmus de minhoca + solo, em proporções equivalentes proporcionou melhores desenvolvimento de mudas de melão. A casca de arroz carbonizada (*Oryza sativa*) são de baixo custo e as qualidades físicas que confere, como umidade, porosidade e drenagem adequadas. Tendo em vista, a fácil drenagem da água, quando utilizada sob nebulização intermitente, resulta em menor peso das bandejas, o que facilita o manuseio no viveiro (ZIETEMANN; ROBERTO, 2007; PELIZZA, 2013). Uso de esterco bovino e areia (SILVA, 2016) e outros substratos possuem destaque, como o resíduo de carnaúba (*Copernicia prunifera*) (CARVALHO et al., 2011). Além disso, o esterco ovino é considerado um composto para considerar substratos orgânicos (SOUZA et al., 2014). Andrade et al. (2017) afirmam que os materiais com maior potencial para composição de substratos hortícolas destacam-se o caule decomposto da palmeira de babaçu (*Attalea speciosa* Mart.), que é originário das regiões norte e nordeste do Brasil.

3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo foi possível constatar que a produção de mudas de melão (*Cucumis melo* L.) e melancia (*Citrullus lanatus*) vem sendo adotadas cada vez mais pelos produtores, favorecendo o controle fitossanitário, garantindo plantas mais vigorosas e resistente ao transplante, dessa forma aumenta as chances de obtenção de cultivares mais sadias e colheitas mais fartas. O substrato é fundamental para essa produção e beneficiamento na qual é considerado economicamente viável além de ser considerados adequados em suas composições químicas e físicas. Dessa forma é possível recomendar substratos orgânico, como esterco bovino e caprino para ambas as culturas, tendo em vista que são os mais utilizados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; SOBRINHO, C. A.; BASTOS, E. A.; MELO, F. B. **Coleção plantar melancia: A cultura da melancia**. Ed. 2. Brasília; Embrapa informação Tecnológica, 2007. p. (9-85).
- ANDRADE, A. F.; COSTA, N. A.; CORDEIRO, K. V.; OLIVEIRA NETO, E. D.; ALBANO, F. G.; SILVA-MATOS, R. R. S. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.26, n.3, p.406-416, 2017.
- ARAÚJO, D. L.; SEBASTIÃO JUNIOR, O. M.; SILVA, S. F.; ANDRADE, J. R.; ARAÚJO, D. L. Produção de mudas de melão cantaloupe em diferentes tipos de Substratos. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 15-20, 2013.
- BARDIVIESSO, D. M.; MARUYAMA, W. I.; PESSATO, L. E.; PEREIRA, A. C. B.; MODESTO, J. H.; ADUBAÇÃO POTÁSSICA NA PRODUÇÃO DE DUAS CULTIVARES DE MELOEIRO. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 1, p. 32-40, 2015.
- CASTILHOS, L. F. F. **Cultivo de melão e melancia**. Ed.1. Paraná: TECPAR, 2012. p. (3-25).
- CAVALCANTE, M. Z. B.; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; LIMA, M. P. D. Alternative substrates for production of *Heliconia psittacorum* L. seedlings under shade and open field conditions. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 10, n. 88, p.15272-15277, 2011.
- DIAS, R. C. S.; SANTOS, J. S. **Panorama Nacional da Produção de melancia**. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-nacional-da-producao-de-melancia/>>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Melão/ Opção doce e refrescante**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortali-ca-nao-e-so-salada/melao>>. Acesso em: 24 jul. 2021.
- KLEIN, C. Utilização de Substratos Alternativos para Produção de Mudas. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p. 43-63, 2015.
- LAURENTINO, L. G. S. **Demanda hídrica e crescimento do meloeiro em relação aos graus-dia acumulados**. 2018. 59 f. TCC (Curso de Agronomia) -Universidade Federal da Paraíba, 2018.
- LIMA, A. S.; ALVES, J. M.; SILVA, F. L.; SANTOS, J. M.; MESQUITA, E. F.; GUERRA, H. O. C. Substratos e níveis de reposição de água na produção de mudas de melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n.7, p. 2010-2021, 2017.
- MAGGIONI, M. S.; ROSA, C. B. C. J.; ROSA JUNIOR, E. J.; SILVA, E. F.; ROSA, Y. B. C. J.; SCALON, S. P. Q.; VASCONCELOS, A. A. Development of basil seedling (*Ocimum basilicum* L.) in different density and type of substrate and trays. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2014.
- MEDEIROS, R. D.; ALVES, A. B. **Informações técnicas para o cultivo de melancia em Roraima**. Ed. 1. Boa vista-RR: Embrapa, 2016. p. (1-42).

OLIVEIRA, O. H. **Exposição do Agrotêxtil colorido no cultivo do melão amarelo**. 2020. 59 f. Dissertação (Para obtenção de mestre em Horticultura Tropical) -Universidade Federal de Campina Grande, 2020.

PELIZZA, T. R.; SILVEIRA, F. N.; MUNIZ, J.; BRUSCATTO, A. H.; MORSELLI, T. B. G. A. Produção de mudas de meloeiro amarelo, sob cultivo protegido, em diferentes substratos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.2, p. 257-261, 2013.

RAMOS, A. R. P.; DIAS, R. C. S.; ARAGÃO, C. A.; MENDES, A. MS. Mudas de melancia produzidas com substrato à base de pó de coco e soluções nutritivas. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 2, 2012.

SÁ, F. V. S.; MESQUITA, E. F.; SOUZA, F. M.; MESQUITA, S. O.; PAIVA, E. P.; SILVA, A. M. Depleção de água e composição do substrato na produção de mudas de melancia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n. 3, p. 1398 - 1406, 2017.

SALVIANO, A. M.; FARIA, C. M. B.; TERAPO, D.; SILVA, D. J.; BATISTA, D. J.; MOREIRA, F. R. B.; RESENDE, G. M.; A. **Coleção plantar melão**: Cultura do melão. Ed. 3. Brasília, Embrapa, 2017. p. (11-59).

SILVA, C. C. **Avaliação de diferentes tipos de substratos na produção de mudas de melancia**. 2016. 30 f. TCC (Curso de Agronomia) -Universidade Federal do Maranhão-UFMA, 2016.

SILVA, C.J.; SILVA, C.A.; MELO, B.; FREITAS, C.A. Produção de mudas de cafeeiro com adição de material orgânico em substrato comercial. **Revista Verde**, v. 7, n. 2, p. 137-148, 2012.

SOUZA, E. G. F.; SANTANA, F. M. S.; MARTINS, B. N. M.; PEREIRA, D. L.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M. Produção de mudas de cucurbitáceas utilizando esterco ovino na composição de substratos orgânicos. **Revista Agro@mbiente**, Boa Vista, v. 8, n. 2, p.175-183, 2014.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; MACHADO, R. G. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, p. 333-343, 2010.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de Teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 401-409, 2013.

ZEBALOS, C. H. S.; SOARES, E. R.; BARBOSA, C. L.; NOGUEIRA, A. E.; QUEIROZ, S. F.; CALAGEM E ADUBAÇÃO NA CULTURA DO MELOEIRO. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 91-101, 2017.

ADUBAÇÃO ORGANOMINERAL EM MILHO SEGUNDA SAFRA

Data de aceite: 01/06/2022

Data de submissão: 20/05/2022

Rogério Alessandro Faria Machado

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
UFMT
Sinop – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/2400305217974282>

Salete Lúcia Cótica Chapla

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
UFMT
Sinop – Mato Grosso

Marlus Eduardo Chapla

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
UFMT
Sinop – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/5831024747841563>

Márcio Roggia Zanuzo

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,
UFMT
Sinop – Mato Grosso
<http://lattes.cnpq.br/6415511158391266>

RESUMO: A definição da dose e da fonte adequada dos nutrientes é crucial para o sucesso na cultura do milho, e o uso de fertilizante organomineral é uma importante alternativa, pois este une os efeitos benéficos da matéria orgânica a disponibilidade imediata de nutrientes dos fertilizantes convencionais. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar se o desenvolvimento e produção do milho segunda

safr a é influenciado por doses de fertilizante organomineral em comparação com fertilizante convencional. O experimento foi conduzido em uma propriedade rural localizada no município de Novo Progresso, Pará. O delineamento utilizado foi de blocos casualizados, com seis tratamentos, sendo: T0 (testemunha), T1, T2, T3, e T4, respectivamente 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de organomineral 04-14-08 e um tratamento controle T5 (400 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08). Foram avaliados: altura de planta (cm), altura de inserção da espiga (cm), diâmetro do colmo (mm), número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg/ha). Conclui-se: a) a adubação com fertilizante organomineral influencia no desenvolvimento e produtividade do milho segunda safra; b) a adição de 300 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral resulta em maior eficiência agrônômica e proporciona maiores ganhos em produtividade do milho segunda safra; c) a adubação com fertilizante organomineral pode substituir de modo eficiente a adubação química, sem reduzir a produtividade do milho segunda safra.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., Alternative fertilizers, NPK fertilization, Soil fertility, Productivity.

ORGANOMINERAL FERTILIZATION IN CORN SECOND CROP

ABSTRACT: The definition of the appropriate rates and source of nutrients is crucial for the success in the corn crop, and the use of organo-mineral fertilizers is an important alternative,

as they combine the beneficial effects of organic matter with the immediate availability of nutrients from conventional fertilizers. Given the above, the present study aimed to evaluate whether the development and production of corn second crop is influenced by rates of organo-mineral fertilizer compared to conventional fertilizer. The experiment was conducted on a rural property located in the municipality of Novo Progresso, Pará. The design used was randomized blocks, with six treatments, being: T0 (control), T1, T2, T3, and T4, respectively 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ of organomineral 04-14-08 and one treatment control T5 (400 kg ha⁻¹ of the formula 04-14-08). The following were evaluated: plant height (cm), ear insertion height (cm), stem diameter (mm), number of grain rows, number of grains per row, weight of 100 grains (g) and yield (kg/ there is). It is concluded: a) addition of organomineral fertilizer influences the development and productivity of corn second crop; b) the addition of 300 kg ha⁻¹ of organomineral fertilizer results in greater agronomic efficiency and provides greater gains in second crop corn productivity; c) organomineral fertilization can efficiently replace chemical fertilization, without reducing second crop corn productivity.

KEYWORDS: *Zea mays* L., NPK fertilization, Soil fertility, Productivity.

1 | INTRODUÇÃO

O milho segunda safra, anteriormente denominado de safrinha, refere-se a cultura semeada de janeiro a abril, quase sempre após a colheita dasoja, na região Centro-Sulbrasileira, nos estados do Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e também Minas Gerais (DUARTE et al, 2004).

A baixa fertilidade de boa parte dos solos brasileira se traduz pelos baixos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio. Dentre esses nutrientes, N, P e K se destacam como os de maior demanda pelas culturas. Assim, a melhoria da fertilidade dos solos por meio de correções e adubações é essencial para o sucesso no cultivo do milho segunda safra.

No Brasil, as produções de milho e soja contribuem com cerca de 80% da produção de grãos, cuja diferença entre as duas culturas está no fato que soja tem liquidez imediata, dada às suas características de “commodity” no mercado internacional, enquanto a produção de milho é voltada para abastecimento interno. Apesar disto, o milho tem evoluído como cultura comercial exibindo, nos últimos vinte e oito anos, taxas de crescimento da produção de 3,0% ao ano e da área cultivada de 0,4% ao ano (EMBRAPA, 2015). O Mato Grosso é o maior produtor de milho segunda safra (safrinha), e a expectativa é que na safra 2021/22 sejam produzidas 40,56 milhões de toneladas de milho, um acréscimo de 24,55% em relação ao total produzido na safra 2020/21 (IMEA, 2022).

No início da expansão do milho segunda safra, as produtividades eram muito baixas e o investimento em insumos era desprezível, visto que o milho “safrinha” era o sinônimo de risco e baixa tecnologia (DUARTE et al., 2004). Segundo os autores, a produtividade atual da cultura na segunda safra pode ser similar àquelas obtidas em primeira safra, através do uso de cultivares adaptadas a região, manejo eficiente, e que as exigências nutricionais, hídricas e solares sejam plenamente atendidas. O milho cultivado em segunda safra hoje

não é mais visto com uma renda excedente, mas em muitos casos este é indispensável para a manutenção da atividade agrícola na propriedade.

O Brasil apresenta alta dependência de importação de fertilizantes, que encarece o custo de produção, reduz a vantagem competitiva das commodities e coloca país em condições de vulnerabilidade econômica frente aos exportadores destes fertilizantes. Isto tem estimulado a busca por formas alternativas de fornecimento de nutrientes, notadamente N, P e K, a isto se soma o fato do passivo ambiental gerado pela produção de resíduos orgânicos nas granjas de aves e suínos. Neste contexto insere-se o aproveitamento destes como adubos orgânicos, compostos e também para a fabricação de fertilizantes organominerais.

Khiehl (2013) cita que os fertilizantes organominerais foram criados pelos fabricantes de fertilizantes orgânicos, os quais foram instruídos a acrescentarem pequenas doses de fertilizantes minerais aos adubos orgânicos devido aos baixos teores de NPK. Segundo ao autor, aos poucos os produtores foram aumentando a quantidade de fertilizante mineral até conseguirem misturas com igual proporção de adubo orgânico e mineral.

Benites et al. (2010) afirmam que a primeira vantagem observada dos fertilizantes organominerais em relação aos fertilizantes minerais é o fato de utilizarem como matéria prima, resíduos que são passivos ambientais de outros sistemas de produção. Segundo os autores, outro ponto favorável aos fertilizantes organominerais é a proximidade entre o ponto de produção de resíduos de suínos e aves e as propriedades produtoras de grãos. A proximidade favorece o estabelecimento de empresas para a produção dos fertilizantes organominerais, resultando em um ganho de logística.

A adubação orgânica com biofertilizantes representa uma alternativa promissora, capaz de reduzir os gastos com aplicação de fertilizantes nas culturas (COSTA, 2001). O autor afirma que sistema de produção orgânico proporciona alimentos saudáveis livres de agrotóxicos, promovendo uma melhoria no solo e seus atributos químicos, físicos e biológicos.

Os benefícios dos adubos orgânicos aparecem com maior ou menor intensidade dependendo das condições do solo, da natureza do resíduo e das condições climáticas locais. Um solo que seja muito deficiente de Fósforo não terá grandes benefícios com a aplicação da matéria orgânica, a não ser que seja suplementado desse elemento. O mesmo aconteceria com um solo já muito rico em matéria orgânica (COSTA, 1994).

Segundo Benites et al. (2010) espera-se maior eficiência no fornecimento de fósforo, devido a presença de grande quantidade de ânions orgânicos nos grânulos do fertilizante organomineral, pois estes ânions orgânicos competem pelos sítios de adsorção de fósforo, abundantes em solos tropicais, reduzindo momentaneamente sua fixação, favorecendo a absorção pelas plantas. Segundo os autores espera-se ainda, aumento da atividade microbiana no devido ao fornecimento de energia para os microrganismos pela matéria orgânica contida no fertilizante.

O maior aproveitamento dos nutrientes contidos no organomineral possibilita ao produtor aplicar menor quantidade das fontes minerais de nutrientes. Além desta economia imediata o agricultor pode ganhar em longo prazo com a adição de matéria orgânica, pois o fertilizante organomineral pode estimular uma maior atividade dos microrganismos e também auxiliar na estruturação (STEVENSON, 1979).

Pajen e Joveléc (1993) postulam que ao adubarem com fertilizantes organominerais os produtores rurais, podem conseguir manter as mesmas eficiências agronômicas apresentadas pela adubação mineral.

Resultados dos benefícios da adubação organomineral foram relatados por Nakayama et al (2013) na cultura do feijoeiro, por Machado et al. (2018) no arroz de terras altas, por Guesser et al (2021) na soja e Tiritan e Santos (2012) no milho safrinha. Desse modo, o uso de fertilizantes organominerais pode ser uma importante alternativa para se reduzir os custos de implantação da agricultura em pastagens degradadas, como as da região sul do Pará.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em uma propriedade particular na safra 2014/2015 na fazenda Santa Rita, localizada na BR 163, km 255, no município de Novo Progresso – Pará. A área experimental localiza-se nas coordenadas geográficas 07°40'53" latitude sul e 55°12'30" longitude oeste, com altitude média de 280 m. O clima da região é Aw (classificação de Köppen), caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com precipitação média anual de 2.082 mm e temperatura média anual de 27°C (IBGE, 2020).

O solo utilizado para realização do estudo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2018), sendo coletadas amostras para análise química na camada de 0 a 20 cm (Tabela 1).

pH	P	K	Ca	Mg	Al	H + Al	M.O.	Areia	Silte	Argila
CaCl ₂	mg dm ⁻³		-----	cmol dm ⁻³	-----		-----	gkg	-----	
4,30	12,7	0,11	1,39	0,33	0,66	6,69	22,94	500,0	75,0	425,0

Tabela 1. Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas na camada superficial (0 a 20 cm) do solo da área experimental. UFMT, Sinop – MT, 2015.

A calagem na área experimental foi realizada após a interpretação da análise de solo apresentada na tabela 1. Foi realizada a calagem para elevar a saturação por bases (V%) a 60%. Após a incorporação do calcário foi cultivada uma safra de arroz, uma safra de soja e posteriormente a safra de milho na qual o experimento foi conduzido.

O delineamento estatístico utilizado foi de blocos casualizados (DBC), com seis

tratamentos, sendo T0 = testemunha (sem adubação); T1, T2, T3, e T4, respectivamente 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral 04-14-08 e um controle T5 com 400 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela era composta por seis linhas de 5,0 m de comprimento e espaçadas 0,50 m, resultando numa área de 15 m², das quais foram colhidas as quatro fileiras centrais com 4,0 m de comprimento, resultando numa área útil de 8,0 m².

No experimento foi utilizado a cultivar LG 6304 VTPRO, que é indicada para a semeadura entre janeiro a fevereiro, com população ideal de 50.000 a 55.000 plantas ha⁻¹. A cultivar floresce aos 50-55 dias, e a altura das plantas cultivada na segunda safra na região Centro-Oeste varia entre 2,55 a 2,65m.

Antes do plantio, as sementes foram tratadas com 200 mL ha⁻¹ de Imidacloprid, 15 g ha⁻¹ de Fipronil, e foi adicionado o enraizador Biozyme na dose de 150 mL ha⁻¹. Para o plantio foram abertos mecanicamente sulcos com profundidade de 10 cm, nos quais foram depositadas as respectivas dos fertilizantes. Após cobrir-se os fertilizantes com solo da camada superficial, foram semeadas quatro sementes por metro de sulco. Foi realizada adubação de cobertura aplicando-se 150 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral 10-02-10 aos 25 dias após a semeadura do milho.

O controle de plantas invasoras foi realizado por controle químico, sendo aplicados 3,0 L ha⁻¹ de Atrazina. Para o controle de pragas aplicou-se 1,0 L ha⁻¹ do inseticida Clorpirifós e 300 mL ha⁻¹ de Benzoiluréia (fisiológico) aos 28 dias, após a emergência, entretanto, não foi necessária a aplicação de fungicidas.

Foram avaliados: altura de planta (cm), altura de inserção da espiga (cm), diâmetro do colmo (mm), número de fileiras de grãos, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos (g) e produtividade (kg/ha).

A eficiência do fertilizante organomineral foi avaliada calculando-se o Índice de Eficiência Agronômica (**IEA**), o qual se baseia no diferencial de produção obtido entre as doses do fertilizante organomineral e o fertilizante mineral, considerando a produtividade média de grãos segundo metodologia de

Grohskopf et al. (2019).

$$\text{IEA} = \frac{\text{Produção com o fertilizante organomineral} - \text{testemunha}}{\text{Produção com fertilizante mineral} - \text{testemunha}} \times 100$$

Os dados obtidos foram analisados estatisticamente no programa estatístico SISVAR, sendo submetido à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey 5% de probabilidade. Adicionalmente realizou-se a análise de regressão polinomial ao efeito das doses o fertilizante organomineral na produção mineral visando se definir a Máxima Eficiência Técnica (MET) e a Máxima Eficiência Econômica (MEE).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os tratamentos influenciaram na altura das plantas, na altura de inserção da primeira espiga e no diâmetro do colmo (tabela 2). Estes resultados evidenciam que a adubação organomineral apresenta efeitos benéficos para o milho. Todavia, estes resultados diferem dos apresentados por Santana (2012) que avaliou o comportamento de milho no sistema de plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral. Ele verificou que a aplicação de fertilizante organomineral não proporcionou efeito significativo sobre altura da planta, o diâmetro do colmo, a altura da inserção da espiga e o rendimento de grãos na cultura do milho.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Altura de planta	Altura de inserção da espiga	Diâmetro de colmo
Blocos	3	1,314ns	1,595ns	2,64ns
Tratamentos	5	2,798*	3,693*	3,144*
CV (%)		4,78	5,05	3,36

Ns – Não significativo ao nível de 5% pelo teste F ; * Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 2 – Valores do teste F da análise de variância para as características morfológicas de plantas de milho submetidas a doses de fertilizante organomineral. UFMT, Sinop, 2015.

A adição de 300 kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral resultou na maior altura das plantas (204 cm), a qual resultou num acréscimo de 10,79% em relação ao tratamento controle (0 kg/ha), que apresentou a menor altura de plantas, que foi de 184,15 cm (Figura 1). Ao se comparar a melhor dose do fertilizante organomineral com o fertilizante convencional, nota-se que este proporcionou um ganho de 4,57% na altura que foi de 195,1 cm.

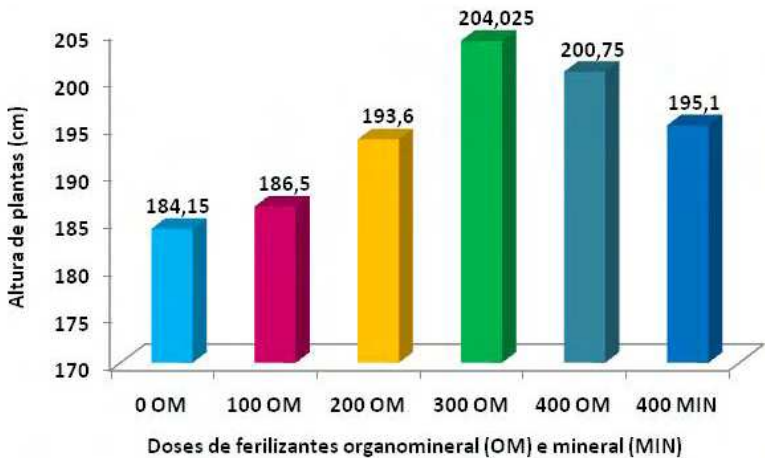


Figura 1. Altura de plantas em milho submetidas doses de adubação organomineral e mineral. UFMT, Sinop, 2015.

Nakayama et al (2013), estudando a eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro em sistemas de semeadura direta, verificaram aumentos na altura das plantas até doses de 200 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral (04-14-08), diferentemente do ocorrido neste estudo, cuja altura máxima das plantas foi obtida com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral.

Machado et al. (2018) avaliaram o desenvolvimento e produtividade de arroz de terras altas submetido a doses de fertilizante organomineral e fertilizante tradicional, os quais constataram que a dose de 400 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral resultou na maior altura das plantas. Por outro lado, Costa (2011), estudando sistemas de cultura e fontes de adubação no milho, não observaram efeitos das fontes, inclusive do fertilizante organomineral na altura das plantas de milho.

As doses de 300 e 400 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral resultaram nos maiores valores para a inserção das espigas, sendo estes 99,03 e 98,5 cm, respectivamente (Figura 2). Comparando-se a a adição de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral com o controle e o fertilizante convencional, a adição do fertilizante organomineral gerou acréscimos de 13,8% e 6,3% na altura de inserção da espiga, respectivamente.

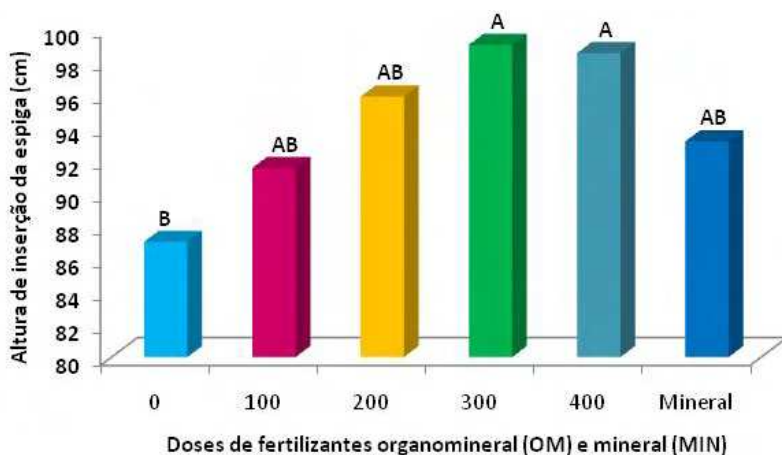


Figura 2. Altura de inserção da primeira espiga de plantas de milho submetidas doses de adubação organomineral e mineral. UFMT, Sinop, 2015.

O diâmetro do colmo das plantas de milho apresentou comportamento distinto das outras características, cuja dose de 400 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral (04-14-08) resultou em maiores valores (18,35 mm), enquanto que na ausência de fertilização foram encontrados os menores valores (16,85 mm), fato que evidencia a importância da adubação para a cultura (Figura 3). Assim, é possível supor que plantas de milho com maior crescimento em altura e diâmetro do colmo representam uma melhor nutrição e capacidade fotossintética e, portanto, maiores acúmulos de assimilados no colmo, o que

poderia resultar em ganhos em produtividade.

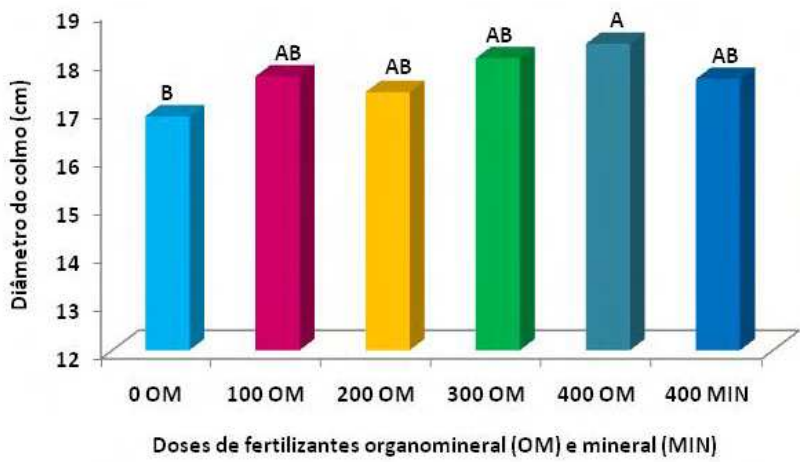


Figura 3. Diâmetro do colmo de plantas de milho submetidas doses de adubação organomineral e mineral. UFMT, Sinop, 2015.

Estes resultados diferem dos apresentados por Santana (2012), que avaliou os efeitos da adição de fertilizante organomineral no desenvolvimento do milho e nas propriedades físicas do solo. O autor concluiu que o fertilizante organomineral não influencia na altura da planta, o diâmetro da planta, a altura de inserção da espiga e no rendimento de grãos da cultura do milho.

Na tabela 2 nota-se que os tratamentos não influenciaram nas características avaliadas, exceto na produtividade. Resultados similares foram relatados por Lana et al. (2014), que avaliaram a nutrição e produtividade do milho submetido a adubação fosfatada com fertilizante organomineral micro-granulado e fosfato monoamônio (MAP). Estes autores não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos para o número de fileiras de grãos por espiga, comprimento médio da espiga e massa de 1000 grãos. Segundo estes tal resultado já era esperado, pois os mesmos têm um forte componente genético e seriam pouco afetados pelas condições ambientais.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Número de fileiras de grãos	Número de grãos por fileira	Massa de 100 grãos	Produtividade
Blocos	3	0,314	0,582	2,414	1,560
Tratamentos	5	1,183 ns	0,973 ns	1,030 ns	2,812*
CV (%)		4,69	8,75	8,49	14,77

* Significativo ao nível de 5% pelo teste F.

Tabela 2 – Valores do teste F da análise de variância para componentes do rendimento e produtividade do milho submetido a doses de fertilizante organomineral. UFMT, Sinop, 2015.

Na Figura 4 visualiza-se que a adição do fertilizante organomineral e do fertilizante mineral influenciaram na produtividade do milho. A dose de 300 kg ha⁻¹ do organomineral resultou na maior produtividade de grãos, enquanto a ausência de adubação foi responsável pela menor produtividade de grãos.

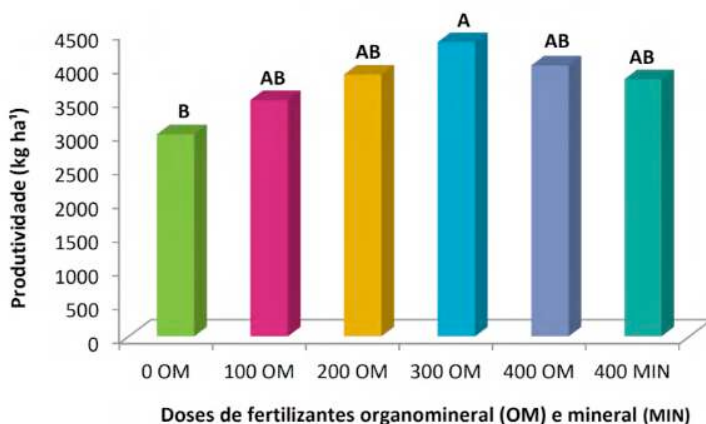


Figura 4 – Produtividade em milho submetida a diferentes doses de adubação organomineral e mineral. UFMT, Sinop, 2015.

Resultados semelhantes foram encontrados por Rebellatto (2013) avaliando efeito na cultura do milho de doses de fertilizante organomineral e mineral nas formas líquida e sólidas e em diferentes tipos de solo. A adição de fertilizante organomineral aumentou a produtividade do milho, segundo o mesmo, a maior produtividade do milho seria devido ao aumento da disponibilidade de P no perfil do solo. Freitas et al. (2021) avaliaram a resposta do milho a adubação organomineral e mineral. Os autores concluíram que: o adubo organomineral apresenta eficiência equivalente à mineral quando utilizada no plantio e que o milho apresenta a maior produtividade média de grãos quando se aplica o fertilizante organomineral no plantio e em cobertura.

Resultados diferentes foram encontrados por Borges et al (2015) avaliando a produtividade de grãos de soja e milho em função do manejo de adubação com resíduos orgânicos e adubação mineral, onde na adubação mineral a produtividade do milho foi semelhante aos tratamentos que utilizaram adubação organomineral, já na cultura da soja obteve-se a maior produtividade na adubação organomineral em relação a mineral.

A produção do milho ajustou-se a um modelo quadrático em relação às doses do fertilizante organomineral e promoveram ganhos na produtividade até a dose de 338 kg ha⁻¹, cuja produção máxima foi de 4203 kg/ha (Figura 5).

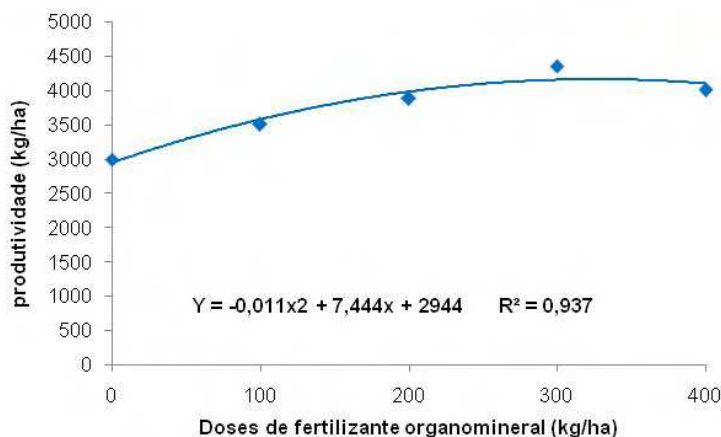


Figura 5 – Produtividade de milho submetido a doses de fertilizante organomineral. UFMT, Sinop, 2015.

Estes resultados se assemelham aos de Tiritan e Santos (2012) que avaliaram os efeitos da adubação organomineral e mineral no milho safrinha. Eles verificaram que a adição de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral (03-10-06) e 200 kg ha⁻¹ do fertilizante mineral resultaram em maior produtividade de grãos. Estes autores concluíram que a adubação organomineral pode substituir de forma viável, a adubação química convencional, suprindo a planta com níveis adequados de nutrientes e mantendo a produtividade.

De modo semelhante Guessier et al. (2021) avaliando doses do fertilizante organomineral e mineral (0, 200, 400, 600 e 800 kg ha⁻¹) concluíram que a cultura da soja responde positivamente a adubação organomineral, sendo esta equivalente ao fertilizante mineral na nutrição da cultura da soja, e pode ser usado como substituto da fonte mineral.

Adicionalmente foi comparada a análise da eficiência agrônômica do fertilizante organomineral em relação ao fertilizante mineral, o qual foi considerado o padrão. Nota-se que as doses de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante organomineral apresentou eficiência agrônômica superior a 67,6% ao fertilizante mineral (Figura 6).

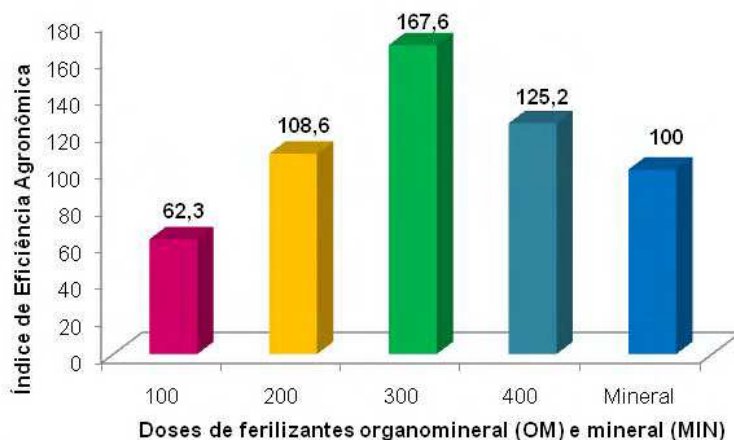


Figura 6 – Eficiência Agronômica do fertilizante organomineral e mineral e produtividade de milho segunda safra. UFMT, Sinop, 2015.

Resultados similares foram obtidos por Grohskopf et al. (2019), os quais concluíram que uso de fertilizante organomineral à base de cama de aves proporciona maior produtividade de milho, com IEA 20% superior ao do fertilizante mineral. No presente estudo, a média para IEA do fertilizante organomineral foi de 15,9%.

4 | CONCLUSÕES

- A adição de fertilizante organomineral influencia no desenvolvimento e produtividade do milho segunda safra;
- A adição de 300kg ha⁻¹ de fertilizante organomineral proporciona maiores ganhos em produtividade do milho segunda safra.
- A adubação organomineral pode substituir de forma viável a adubação química, sem reduzir a produtividade do milho segunda safra.

REFERÊNCIAS

BENITES, V. M.; CORREA, J. C.; MENEZES J. F. S.; POLIDORO J. C. **Produção de fertilizante organomineral granulado a partir de dejetos de suínos e aves no Brasil**. Guarapari – ES, 2010.

BORGES R. E.; MENEZES J. F. S.; SIMON G. A.; BENITES V. Eficiência da adubação com organomineral na produtividade de soja e milho. **Rev. Global Science and Technology**, Rio Verde, v.08, n.01, p.177 – 184, 2015.

COSTA, M. B. B. **Nova síntese e novo caminho para a agricultura “adubação orgânica”**. São Paulo: Ícone, 1994. 102 p.

COSTA, M. M. B. **Aporte da agroecologia ao processo de sustentabilidade agrícola**. Curitiba: UFPR, 54p. 2001.

COSTA M. S. S. M.; STEINER F.; COSTA L. A. M.; CASTOLDI G.; PIVETTA L. A. Nutrição e produtividade da cultura do milho em sistemas de culturas e fontes de adubação. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n.2, p. 249-255, 2011.

DE FREITAS, J. M., VAZ, M. C., DUTRA, G. A., DE SOUZA, J. L., REZENDE, C. F. A. Resposta da produtividade do milho à adubação mineral e organomineral. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, 2021.

DOS SANTOS, Humberto Gonçalves et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf> Acesso em: 20/05/2022

DUARTE, A. P. Característica e sistemas de produção. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Ed.). **Tecnologias de produção do milho**. Viçosa: UFV, 2004. p. 109-139.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. **Cultivo do Milho**: Mercado e Comercialização. Disponível em: www.spo.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 10/02/2015

GUESSER, V. P.; MISSIO, E.; RUSSINI, A.; PINHO, P. J. Adubação organomineral e mineral e resposta da soja em terras baixas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 2376-2390, 2021.

GROHSKOPF, M. A., CORRÊA, J. C., FERNANDES, D. M., BENITES, V. D. M., TEIXEIRA, P. C.; CRUZ C. V. Phosphate fertilization with organomineral fertilizer on corn crops on a Rhodic Khandiudox with a high phosphorus content. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativa populacional de 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/novo-progresso> Acesso em: 15/05/22.

IMEA - Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária. Disponível em: <https://www.imea.com.br/imea-site/indicador-milho> Acesso em: 05/05/22

KIEHL, E. J. **Fertilizantes organominerais**. 5. ed. Atual, Piracicaba, Editora Degaspari, 2013. 142 p.

LANA M. C.; RAMPIM L.; VARGAS G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho eutroférico. **Revista Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 07, n. 01, p. 26 – 36, 2014.

MACHADO, R. A. F.; CHAPLA, M. E.; LANGE, A.; ZANUZO, M. R.; RUFFATO, S. **Adubação organomineral em arroz de terras altas**. In: Elementos da natureza e propriedades dos solos, 5. ZUFFO, A. M.; STEINER, F. (Org). Ponta Grossa: Atena, 2018, p. 6-17.

NAKAYAMA, F. T. et. al. Eficiência do fertilizante organomineral na produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em sistema de semeadura direta. **IX Fórum Ambiental da Alta Paulista**, Alta Paulista, v. 9, n. 7, 2013, p. 122-138.

PAJENK, F; JELEVÉC, D.B. The effect of the organic–mineral fertilizer “humofertil” on the maintenance and increase of soil fertility and on the prevention of underground and water pollution. In: **Symposium on research into agro – technical methods aiming at increasing the productivity of crops**, Geneva, Switzerland, 1983.

REBELLATTO, A. *et al.* Produção de milho em razão da aplicação de fertilizantes organominerais e minerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011. Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2011. 1 CD-ROM., 2011.

SANTANA Cleverson Tiago Carneiro de. **Comportamento de milho (*Zea mays* L.) e propriedades físicas do solo, no sistema plantio direto, em resposta a aplicação de fertilizante organomineral**. Orientador: Maria Helena Moraes. 2012. ix, 49 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86402>>. Acesso em: 13 maio de 2020

SOUZA, J. A. Efeito de diferentes doses e épocas de aplicação de organomineral na produtividade de milho para silagem. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 2, p. 55-59, 2005.

STEVENSON, F.J. Humates; facts and fantasies on their value as commercial amendments. **Crops and soil magazine**, Madison, v. 31, n. 7, p. 14–16, 1979.

TIRITAN, C.S.; SANTOS, D.H. Resposta do milho safrinha a adubação organomineral no município de Maracaju-MS. **Colloquium Agrariae**. v. 8, n. Especial, p. 24-31. 2012.

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y PRUEBA DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA AGROFORESTAL AUTOMATIZADA

Data de aceite: 01/06/2022

Lizardo Reina Castro

Ing. Agrícola, Ph.D. exProfesor de la Facultad
de Ingeniería Agrícola
Universidad Técnica de Manabí
Portoviejo, Manabí, Ecuador

Belisario Candia Soto

Profesor de la Universidad de Concepción de
Chile
Chile-Casilla 537

Fernando Reyes

Profesor de la Universidad de Concepción de
Chile
Chile-Casilla 537

Eduardo Peña

Profesor de la Universidad de Concepción de
Chile
Chile-Casilla 537

RESUMEN: El presente proyecto correspondió a un convenio entre la SENESCYT (Secretaría Nacional de Educación Superior de Ciencia y Tecnología del Ecuador), la Universidad Técnica de Manabí y la Universidad de Concepción de Chile y su objetivo principal constituyó el diseño, construcción y prueba de una máquina sembradora agroforestal automatizada, que permite sembrar distintas especies forestales y hortícolas, que tengan un tamaño de la semilla fluctuó entre 1-10 mm de espesor. La metodología contempló la formulación de un diseño conceptual del sistema mecánico, el desarrollo de

reingeniería de detalle, planos de construcción, fabricación de un prototipo, prueba y validación del equipo. Finalmente se realizó una plantación forestal experimental utilizando plantas de balsa (*Ochroma pyramidale*) producidas mediante ésta tecnología, en la que se involucró la participación activa de los agricultores de la zona. La máquina sembradora agroforestal realiza al mismo tiempo el llenado de las bandejas germinadoras con sustrato y siembra. Se obtuvo un rendimiento de aproximadamente 12.000 plantas/hora, la máquina sembró cada 30 segundos una bandeja germinadora para 100 semillas y el 86% de germinación. Esta máquina está construida con tecnología de alta eficiencia y bajo impacto ambiental, la sembradora ha demostró operatividad, rendimiento y optimización de recursos y tiempo.

PALABRAS CLAVE: Agroforestal, bandejas y sembradora.

DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTING OF AN AUTOMATED AGROFORESTRY SEEDER

ABSTRACT: This project is part of an agreement between SENESCYT (National Education Ministry of Science and Technology of Ecuador), the Technical University of Manabi and the University of Concepcion, Chile. Its main objective was to design, construct and test an automated agroforestry seeder for different forestry and horticultural species whose seed sizes may vary in thickness between 1 and 10 mm. The methodology used included the formulation of a conceptual design of the mechanical system, the development of detailed engineering,

construction drawings, prototype build-up, testing and validation of the seeder. Finally, an experimental forestry plantation was carried out using balsa plants (*Ochroma pyramidale*) produced with this technology, in which local farmers actively participated. The agroforestry seeder simultaneously fills the germination trays with substrate and locates the plants in place. An approximate yield of 12,000 plants per hour was achieved while placing 100 seeds into the germination tray every 30 seconds and 86% germination. The machine is constructed with high efficiency technology and with low environmental impact; the seeder has demonstrated high operational standards, yield, optimization of resources and time.

KEYWORDS: Agroforestry, trays, seeder.

INTRODUCCION

Las plantaciones forestales están adquiriendo una importancia trascendental en esta civilización industrializada, ya que permiten contribuir a la reducción de la acumulación de gases de efecto invernadero y consecuentemente a mitigar el problema del calentamiento global, que está generando grandes trastornos climáticos y enormes deterioros para el ecosistema mundial ^[3]. Desde el punto de vista comercial, la forestación es una fuente de recursos económicos si se utiliza adecuadamente los instrumentos de intercambio para la comercialización de bonos de carbono.

La producción forestal con fines comerciales requiere de metodologías de suministro de plantas que reúnan las condiciones de calidad óptima para garantizar altos niveles de sobrevivencia cuando son transportadas y plantadas en terreno. Al mismo tiempo es importante disponer de sistemas que permitan obtener una alta productividad de plantas a objeto de poder atender la mayor área factible de forestada exitosamente. ^[2]

La demanda creciente de plantas de algunas especies forestales a nivel mundial con fines de repoblación ha motivado el desarrollo tecnológico acelerado en aspectos relevantes tales como siembra, fertilización, riego control de maleza y manejo radicular y aéreo de las plantas en viveros. Esto debido a la necesidad de maximizar la probabilidad de supervivencia y el rendimiento energético de la planta en terreno.

El gran desafío consiste en la producción de planta con niveles de costo y calidad tal que sea posible impulsar programas masivos de forestación como una importante área de desarrollo económico y mejoramiento ambiental. ^[3]

Este proyecto tuvo como objetivo principal el investigar, desarrollar, evaluar y aplicar una tecnología apropiada para nuestro país, que permite la producción de plantas de especies forestales con valor estratégico, de alta calidad y costo razonables.

OBJETIVOS

Diseñar, construir y evaluar equipo agroforestal capaz de sembrar semillas de plantas de especies forestales y hortícolas, en forma automatizada, con elevados estándares de calidad y conservación del medio ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar y ensamblar una unidad prototipo
- Elaborar el diseño mecánico, eléctrico y de transmisiones del equipo.
- Emprender pruebas piloto para la detección de errores y fallas de funcionamiento.
- Evaluar el equipo en función de su rendimiento y porcentaje de germinación

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto de investigación sobre el diseño, construcción y prueba de la máquina agroforestal, correspondió a un convenio entre la SENESCYT (Secretaría Nacional de Educación Superior de Ciencia y Tecnología del Ecuador), con un aporte del 90% de sus costos y la Universidad Técnica de Manabí (10%) conjuntamente con la Universidad de Concepción de Chile. Se ejecutó a través de su Facultad de Ingeniería Agrícola en la ciudad de Portoviejo, provincia de Manabí (Gráfico 1), y la colaboración importante de la empresa privada de la provincia de Manabí.

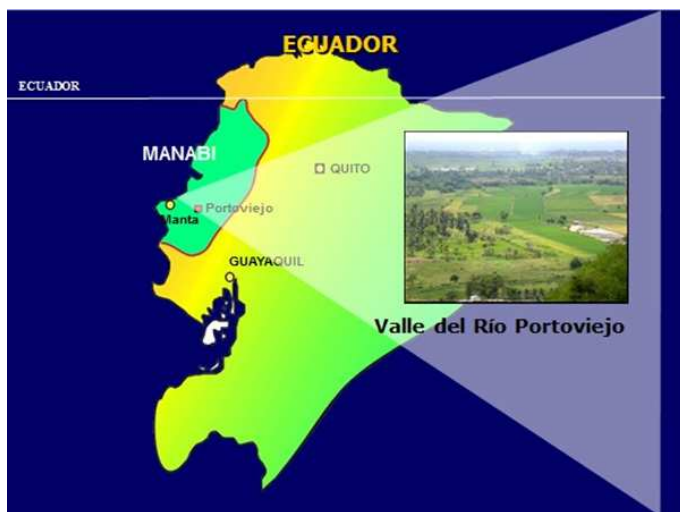


Gráfico 1. Ubicación del proyecto, Manabí, Ecuador

La metodología utilizada corresponde a la acción participativa, puesta en práctica la interacción entre docente, docente, empleados, empresa privada y agricultores de la comunidad, dentro de dicha técnica utilizo, el FODA y lluvias de ideas a fin de lograr una correcta interacción de los involucrados.

Los materiales utilizados en la construcción de la máquina sembradora, fueron

debidamente seleccionados y existentes en el medio, que cumplan los estándares requeridos para el buen funcionamiento de la máquina y que a su vez sean de fácil adquisición y uso para los agricultores.

Esquema, diseño y bandejas de la máquina

Antes de proceder al esquema, diseño y prototipo de la máquina se realizó una visita a varias provincias del Ecuador, con el propósito de realizar un diagnóstico general de las características, condiciones y conocer las diferentes especies agroforestales.

Después de una socialización de proyecto en varios cursos y seminarios con la presencia de agricultores, estudiantes y técnicos agropecuarios y un análisis riguroso, se procedió a la realización del primer prototipo de la máquina sembradora, el mismo que se conformó de varias unidades operativa, como: transportación, llenado de sustrato, rodillos para los agujeros y sembrador de precisión, que en forma sincronizada actúan en la misma máquina.

A través de la observación del funcionamiento de la máquina en varios días de campo, se realizaron las correcciones correspondientes, conjuntamente con los técnicos y agricultores, para luego proceder al diseño y elaboración de planos de cada una de sus partes operativas.

Para los cálculos del sistema de transmisión, potencia de los motores eléctricos y accesorios (piñones, cadenas, chumaceras, entre otros), utilizó, las fórmulas de Ingeniería mecánica y eléctrica correspondiente para cada caso y su construcción, se la realizó en los talleres de la empresa privada (Taller MEMELL) y de la Universidad Técnica de Manabí.

La Unidad estructural (sistema de transportación de bandejas) esta compuesta por el chasis principal construida de estructura de hierro (material SAE 1020 espesor, mínimo 3 mm ángulo de 5 mm), que esta ligada a una banda transportadora de cadena acciona por un motor eléctrico, en la misma unidad se encuentra acoplados los rodillos de huequeado y siembra.

La Unidad de Llenado(elevación). Su función principal es de abastecimiento y recolección del exceso sustrato; lo que evita el desperdicio del material de las gavetas; actividad que la realiza a través de un motor eléctrico independiente, de 1,0 HP -1400 RPM y. Para su construcción se utilizaron los siguientes materiales: Chumaceras 25mm SF 25, piñones 1"5/8 y 6 dientes ASA 120, rodillos 75mm x 120mm SAE 1020, capachos en plancha 4,5mm SAE 1020, piñones paso 1/2 y 40 dientes, cinta e/f porta capachos, cintas e/f transportadora, plancha de 6mm x 750mm x 1000mm SAE 1020, tolva fierro negro 2mm x volumen,. Para la construcción de la tolva de abastecimiento del sustrato se utilizó los materiales detallados a continuación: Piñones 1"5/8 y 6 dientes SAE 5160, piñones 1"5/8 y 6 dientes ASA 120, Ejes 25mm x 80cm SAE 1045, 12mm ángulo 40X40X3 mm SAE 1020, rodillos 75mm x largo de bandejas, plancha fierro negro de 1/4" x 600mm x largo de bandejas, se puede observar en las fotos 1.



Foto1. Unidades de llenado de la máquina

El rodillo de para hacer los agujeros. Las bandejas germinadoras, luego de que son llenadas de sustratos, son transportadas hacia el rodillo que hace los agujeros, a través de un movimiento generado del mismo motor de la cinta transportadora a través de cadena y engranajes; su función principal es la de hacer los huecos en cada espacio o alveolos de las bandejas de forma precisa y regulada en su profundidad, conforme el tamaño de la semilla. Para su construcción se utilizó: Piñones 1"5/8 6 dientes SAE 5160, chumaceras 25mm SF 25, ejes 25mm x 80cm SAE 1020, rodillos marcadores SAE 1020 y depósito de semillas., como se puede observar en la foto 4 y gráfico 1.

El rodillo sembrador. Constituye la parte principal de la máquina, de ella depende el éxito de una buena siembra. El rodillo posee (según bandeja) en su parte interior 104 agujas milimétricamente sincronizadas, de tal forma que permita depositar de manera precisa una semilla (< de 10 mm de diámetro) en cada uno de los alveolos de la bandeja.. El rodillo sembrador de alta precisión, está construido de: rodillo de PVC de 200 mm de diámetro, en su interior lleva 104 agujas retráctiles de acero tipo inoxidable de calibre de 1.0 mm (pueden variar, según tamaño de la semilla entre 0.8 a 1.5 mm), la función de las agujas es de limpiar, sellar el agujero y expulsar las semillas, en la foto4.

Bandejas Germinadoras, para el presente estudio se utilizó la bandejas de polietireno de 104 alveolos, la misma que tuvieron las dimensiones siguientes: 51,2 cm x 24,4 cm, éstas bandejas germinadoras permite el fácil traslado al sitio definitivo de siembra , reduce manipulación de las plantitas germinadas, facilita el control fitosanitario, la reproducción y el tranplante.

- **Rendimiento y porcentaje de germinación**

Para la estimación del rendimiento y el porcentaje de germinación de las semillas, se lo realizó en el campo y se utilizó semilla de balsa (*Ochroma pyramidale*) ; se sembraron 100 bandejas de poliestireno de 104 alveolos o cavidades y se obtuvo el tiempo promedio por cada una de las bandejas sembradas, desde cuando la máquina transporta la bandeja vacía hasta cuando sale completamente sembrada. Y el porcentaje de germinación correspondió al promedio de plantas germinadas por cada bandeja sembrada.

RESULTADOS Y DISCUSION

- **Prototipo de la máquina**

Se logró realizar un esquema de la máquina, como una unidad prototipo que responda a la realidad y necesidades del Ecuador, la misma que está compuesta por las siguientes unidades: Unidad estructural (Chasis), unidad llenadora de sustrato, unidad elevadora de sustrato, unidad de agujero y unidad sembradora (Gráfico 1).



Gráfico 1. Esquema de las partes operativas de la máquina

Ensamblada como una sola unidad, todas las unidades operativas de la máquina actúan de una manera sincronizada, con funciones diferentes; pero necesarias para lograr un solo objetivo, que es, la siembra de las bandejas germinadoras. Para su perfecto funcionamiento es importante la correcta calibración de los rodillos de agujeros y de siembra igualmente las dimensiones de las bandejas germinadoras deben ser perfectas.

Analizado, discutido y definido el esquema de la máquina, se realizó el diseño y elaboración de planos como se muestra en el gráfico 2.

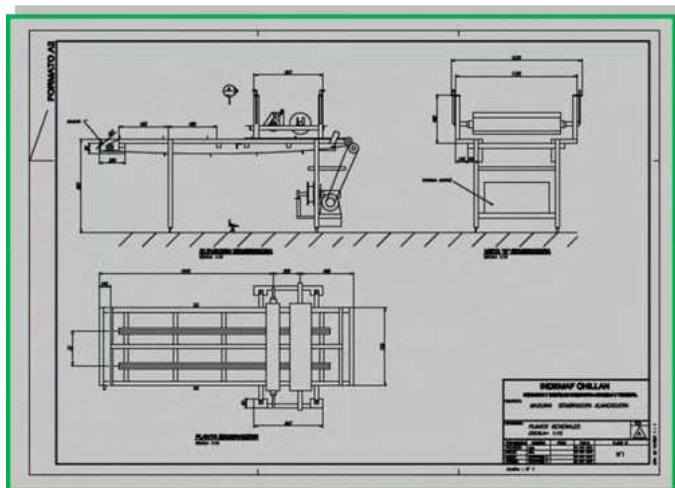


Gráfico 2. Planos de máquina agroforestal

• Unidades operativas de la máquina

- **La Unidad estructural** (sistema de transportación de bandejas) esta constituida por el chasis principal, construida de estructura de hierro, que esta ligada a una banda transportadora de cadena acciona por un motor eléctrico de 1.5 HP y 1400 RPM y un reductor R-1/20 que permite transportar en forma adecuada y realizar todo el proceso de llenado de sustrato; ésta misma unidad se encuentra acoplados los rodillos para los agujeros y siembra (ver foto 3 y 4).
- **La Unidad de llenado.** Está compuesta por la unidad de elevación del sustrato y la tolva de abastecimiento de sustrato (ver gráfico 1 y foto2), realiza las funciones de abastecimiento y recolección del exceso sustrato; lo que evita el desperdicio del material de las gavetas; actividad que la realiza a través de un motor eléctrico, ubicado en la parte superior de la unidad de elevación del sustrato.

La tolva de abastecimiento del sustrato se encuentra ubicada en la parte superior del casis de la máquina, es de forma trapezoidal. Su sistema de llenado de las bandejas, es a través del movimiento generado por el motor eléctrico que acciona la banda transportadora de las bandejas; el abastecimiento del sustrato es de forma manual, realizado por dos personas, ver foto2.



Foto 2. Bandeja germinadora de poliestireno



Foto 3. Ubicación del motor y de la aspiradora

- **El rodillo de para hacer los agujeros.** Se encuentra ubicado antes del rodillo sembrador y después de la Unidad de Llenado; las bandejas germinadoras, luego de que son llenadas de sustratos, son transportadas hacia el rodillo de agujeros y movimiento es generado del mismo motor de la cinta transportadora a través de cadena y engranajes; su función principal es la de hacer los huecos en cada espacio o alveolos de las bandejas de forma precisa y regulada en su profundidad, conforme el tamaño de la semilla, foto 4.
- **El rodillo sembrador.** Constituye la parte principal de la máquina, de ella depende el éxito de una buena siembra. El rodillo posee (según bandeja) en su parte interior 104 agujas milimétricamente sincronizadas, de tal forma que permita depositar de manera precisa una semilla (< de 10 mm de diámetro) en cada uno de los alveolos de la bandeja, en un tiempo aproximado entre 30 segundos, sus dimensiones y características se encuentran en los anexos 1 y 2. Su movimiento es generado por el motor eléctrico y la adherencia de la semilla al rodillo es provocada por una aspiradora sencilla de uso doméstico, su forma y ubicación en la máquina se puede apreciar en la foto 3, 4 y 6.



Foto 4. Rodillos de agujeros y siembra

- **Bandejas Germinadoras,** Después de varias pruebas y de la existencia en el mercado, se definió la utilización las bandejas de polietireno de 104 alveolos, la misma que tuvieron las dimensiones detalladas a continuación: 51,2 cm x 24,4 cm. Éstas dimensiones fueron importantes y sirvieron para el diseño de los rodillos de agujeros, sembrador y para determinar el ancho de la máquina, sus características se las puede observar en la foto5.



Foto 5. Bandeja germinadora de poliestireno

- **Rendimiento y porcentaje de germinación**

La máquina sembradora agroforestal realiza al mismo tiempo el llenado de las bandejas germinadoras con sustrato y siembra. Se obtuvo un rendimiento de

aproximadamente 12.000 plantas/hora, la máquina sembró cada 30 segundos una bandeja germinadora para 100 semillas y un 86% de germinación.

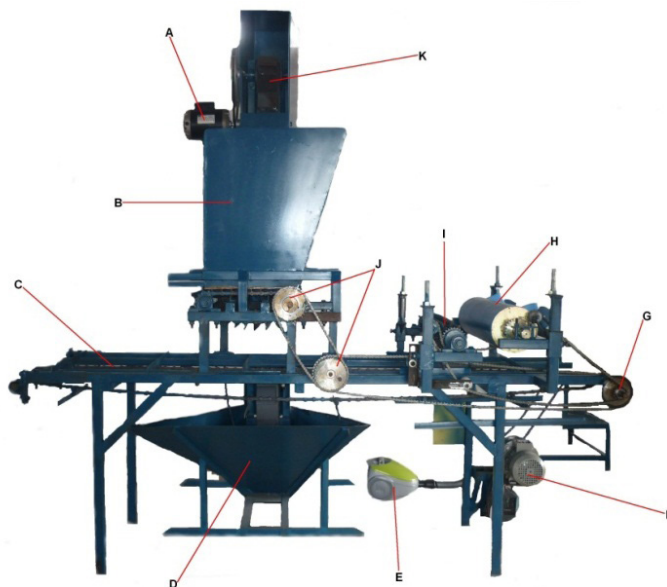


Foto 6. Sembradora Agroforestal

A. Motor del sistema de elevación B. Tolva de sustrato C. chasis de la máquina D. Recolector de sustrato E. Aspiradora para el cilindro sembrador F. Motor eléctrico G. Sistema de transmisión para transportación bandejas H. Rodillo sembrador I. Rodillo para los agujeros J. Sistema de transmisión para tolva

La transferencia tecnológica acompañada de un manual de operaciones y un selecto personal capacitado se realizó con mucho éxito a través de varios días de campo, cursos, ferias y exposiciones en las ciudades de Portoviejo y Quito, con una asistencia multitudinaria de agricultores, técnicos, funcionarios y estudiantes del sector agropecuario de la provincia de Manabí.



Foto 7 Demostración de la máquina en un día de campo

CONCLUSIÓN

- La construcción de la máquina agroforestal constituyó un paso importante hacia la modernización de la agricultura en los sistemas de producción agroforestales en el Ecuador y especialmente en Manabí.
- La ejecución de este trabajo comunitario se constituye en un proyecto pionero dentro de la U.T.M. lo que genera grandes expectativas para el futuro en el agroforestal.
- Los rendimientos de sembrar una vendeja con 100 plantas cada 30 segundos, la hacen atractiva para los agricultores organizados.
- La organización de los productores agropecuarios constituye una buena oportunidad para el uso de la máquina agroforestal.

REFERENCIAS

ARROYAVE, J. 2004. Desarrollo de tecnologías sostenibles de manejo y conservación de suelos y agua en terrenos de laderas del bosque tropical seco húmedo en Manabí, Ecuador. Boletín Informativo, Proyecto IG CV-086. CRM/INIAP/PRONSA/UTM. 21p.

Aprovechamiento de los recursos Forestales en el Ecuador. Ministerio del Ambiente 2007-2008. Quito, 2010.

Berlijn, J. 1963. Tractores y maquinaria agrícola. Editorial Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú.

Duryea, M. L., Landis, T.D. 1984. Forest nursery manual: production of barefoot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers. 285 pp.

Furuta, T. 1978. Environmental plant production and marketing. Arcadia, CA: Cox Publishing Co. 232 p.

FAO. 1977. Elementos de maquinaria agrícola. Boletín N°12, Roma, Italia.

FAOSTAT. Statiscal Database for Agriculture. [En línea] <<http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>> [Consulta: 12 de febrero 2010]

Galinssi, E. 2006. Producción de un vivero forestal. Boletín de divulgación técnica N° 8. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNPL.

Kronrad, G. D., Huang C. 2006. An economic analysis of sequestering carbon and avoiding methane production by planning forest on marginal rice lands. The 17th Global Warming International Conference and Expo, Miami, USA.

Molina, M., Barros, D., Ipinza, R. 1992. Análisis de distintos contenedores para la producción de plantas de eucalyptus globulus labill. Ciencia e Investigación Forestal, (6)2:169-193.

McDonald, S. E. 1982. Fully controlled or semi controlled environment greenhouses-which is best?. In: Guldin, R. W., Barnett, J. P. , eds. Proceedings Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference; 1981, August 25-27; Savannah, Ga. Gen. Tech. Rep. SO-37. New Orleans USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 81-85.

Morby, F. E. 1984. Nursery site selection, layout and development. In: Forest nursery manual: production of barefoot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers. 285 pp.

Reyes, J., Escobar, R., Peña E. 1994. Prueba y evaluación de una sembradora de precisión para viveros forestales. Agrociencia, (10)1: 37-42.

Scagel, R., Borden, R., Madill, M. Kooistra, C. 1993. Provincial seedling stock type selection and ordering guidelines. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branco. 75 pp.

SMITH H.P. 1967. Maquinaria y equipos agrícolas. Ediciones Omega. Barcelona. España.

Villarroel, A., Pobrete, F. 1997. Establecimiento de plantaciones forestales: Tablas de rendimiento y costos operacionales. Tesis Ing. de Ejecución Forestal. Universidad de Concepción, 65 pp.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA-MATOS: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade de Pernambuco - UPE (2009), Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Piauí - UFPI (2012), com bolsa do CNPq. Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016), com bolsa da CAPES. Atualmente é professora adjunta do curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em fitotecnia, fisiologia das plantas cultivadas, propagação vegetal, manejo de culturas, nutrição mineral de plantas, adubação, atuando principalmente com fruticultura e floricultura. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0720581765268326>

LÍDIA FERREIRA MORAES: Graduada em Agronomia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha - CCC (2021). Técnica em Meio Ambiente pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA) - Campus Açailândia (2015). Atualmente é residente agrícola em fruticultura pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência principalmente com fruticultura e floricultura, propagação de plantas e produção de mudas. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1998856441237863>

FABÍOLA LUZIA DE SOUSA SILVA: Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Maranhão-UFMA, diretora de Gestão de Pessoas na AgropecJr-Ej de Serviços Agropecuários e Ambientais (2021-2022). Tem atuação nas áreas de fitotecnia, nutrição mineral de plantas, propagação vegetal, substratos alternativos, atuando principalmente na fruticultura e floricultura. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4527314930415453>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aeração do solo 74

Agricultura familiar 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 140, 145, 146, 147, 148, 149

Água disponível 65, 74, 76, 78, 79

Anfigranja 14, 18, 19

Armazenamento 20, 21, 75, 90

Arranjo espacial de plantas 35, 36

Aspectos físicos-químicos 81

B

Bioacessível 1, 8, 9, 10

Bioestimulante 151, 152

Boa aeração 180, 183

Brotação 95, 97

C

Calos 95

Classificação de solo 74

Cobertura verde 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170

Co-cristalização 172, 173, 174, 176, 177

Compactação 100, 101, 102, 103

D

Densidade de plantas 35, 37, 45

F

Fertilizantes de liberação controlada 105, 107

Fruticultura 105, 116, 179, 212

G

Glycine max (L.) Merrill 35, 36

H

Higroscopicidade 172, 173, 174, 176, 178

Hormônios vegetais 47, 48, 53, 54, 55, 58, 60, 62, 63, 154

L

Leguminosa 150, 157, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 168, 169

Lipídeos 9, 21, 58, 63

M

Microbiolização 151

Minga 130, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147

Mitigação da deficiência hídrica 47, 48, 56, 63

N

Nutrientes 1, 4, 5, 6, 7, 8, 50, 51, 52, 53, 56, 106, 107, 108, 109, 110, 152, 154, 157, 158, 159, 160, 165, 183, 184, 187, 188, 189, 190, 196

O

Óleo essencial 21, 33

P

Pluriactividad 130, 131, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 143, 145, 146, 148, 149

Preparos culinários 1

Produção de mudas 105, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 212

Produtividade 14, 15, 16, 35, 36, 37, 39, 40, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 63, 65, 105, 112, 117, 118, 119, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 155, 179, 180, 187, 188, 191, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199

Promoção de crescimento vegetal 47, 62

Propagação 95, 96, 99, 184, 212

Puccinia triticina E. 117, 118

Pyrenophora tritici-repentis 117, 118

R

Ramos 34, 68, 74, 76, 95, 96, 115, 178, 181, 183, 184, 186

Ranicultura 14, 17, 18, 19

Resíduos orgânicos 180, 181, 189, 195

Riscos 1, 3, 4, 5, 107, 158

S

Saccharum officinarum 100, 101

Sardinha 1, 6, 8, 9, 10

Sobrevivência 14, 37, 51, 107, 111, 112, 173, 179

Solubilidade 4, 165, 173, 174, 176

Substratos 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 179, 180, 181, 183, 184, 185, 186, 212

T

Triple bottom line 81, 89, 91

Triticum aestivum L. 117, 118, 127

V

Velocidade operacional 100, 103

Vigna unguiculata 150, 151

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA 2

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA CIENTÍFICA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO NA AGRONOMIA 2