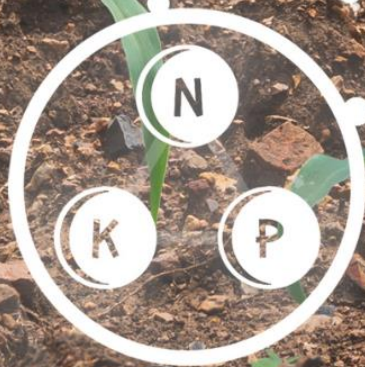


# Pesquisas agrárias e ambientais

Volume XVI



Alan Mario Zuffo  
Jorge González Aguilera  
Organizadores



2023

**Alan Mario Zuffo**  
**Jorge González Aguilera**  
Organizadores

**Pesquisas agrárias e ambientais**  
**Volume XVI**



Pantanal Editora

2023



Copyright© Pantanal Editora

**Editor Chefe:** Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Executivos:** Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diagramação:** A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

### Conselho Editorial

#### Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Instituição

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
Mun. de Chap. do Sul  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Conselho Técnico Científico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

**Catálogo na publicação**  
**Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166**

P474

Pesquisas agrárias e ambientais - Volume XVI / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2023. 64p ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-81460-94-5

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460945>

1. Agricultura. 2. Meio ambiente. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agricultura



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Apresentação**

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XVI” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: Qualidade de vida e segurança do trabalho em serrarias, triagem fitoquímica de *Parkinsonia aculeata* desenvolvida em condições de salinidade, seca e calor em Sonora, México; estande e distribuição longitudinal de plântulas de soja em função dos manejos de palhada e solo; alevinagem de tilápias nilóticas em sistemas de recirculação aquícola e aquaponia com e sem substrato; espaçamento e adubação nitrogenada no rendimento do milho consorciado com feijão-guandu. Assim, essas informações serão extremamente valiosas para aqueles que buscam impulsionar avanços tanto em termos de quantidade quanto de qualidade na produção de alimentos e na preservação do ambiente, bem como para aqueles que desejam aprimorar a qualidade de vida da sociedade como um todo. Essas orientações visam sempre alcançar a sustentabilidade do planeta, buscando um equilíbrio entre as necessidades humanas e a conservação dos recursos naturais.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XVI, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

**Os organizadores**


## Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I.....</b>	<b>6</b>
Qualidade de vida e segurança do trabalho em serrarias .....	6
<b>Capítulo II .....</b>	<b>14</b>
Tamizaje fitoquímico de <i>Parkinsonia aculeata</i> L. Sp. Pl. desarrollada en condiciones de salinidad, sequía y calor en Sonora, México .....	14
<b>Capítulo III.....</b>	<b>28</b>
Estande e distribuição longitudinal de plântulas de soja em função dos manejos de palhada e solo ..	28
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>37</b>
Alevinagem de tilápias nilóticas em sistemas de recirculação aquícola e aquaponia com e sem substrato.....	37
<b>Capítulo V.....</b>	<b>49</b>
Espaçamento e adubação nitrogenada no rendimento do milho consorciado com feijão-guandu.....	49
<b>Índice Remissivo .....</b>	<b>63</b>
<b>Sobre os organizadores.....</b>	<b>64</b>


## Qualidade de vida e segurança do trabalho em serrarias

Recebido em: 04/04/2023


Aceito em: 08/04/2023

 10.46420/9786581460945cap1

Adrielle Raquel Baumgart 

Maria José de Holanda Leite 

Isabel Carolina de Lima Santos 

Carmen Hellen da Silva Rocha 

Graziela Pinto de Freitas 

### INTRODUÇÃO

Acidente de trabalho pode ser entendido como qualquer lesão corporal ou perturbação funcional que venha a causar morte ou transtorno físico, permanente ou temporário, pelo exercício do trabalho ou quando se presta serviço a uma empresa ou a um contratante. As empresas brasileiras têm se empenhado em qualificar na segurança do trabalho, para que no exercício da profissão, seus funcionários, sejam permanentes ou temporários, não sofram transtornos físicos, psicológicos ou até mesmo a morte.

A conscientização sobre segurança no trabalho e do trabalhador, em função das doenças, dos acidentes e dos malefícios ocasionados pelo trabalho, atualmente, permite uma melhoria da qualidade de vida. Entretanto, evitar acidentes de trabalho não é uma tarefa fácil, uma vez que eles podem acontecer por diferentes casualidades. Neste contexto, seguir as normas que regulamentam a segurança do trabalho, apesar de não eliminar por completo os riscos de acidentes, ajuda na redução dos problemas.

Motivar os funcionários ou colaboradores em suas tarefas diárias é uma das estratégias adotadas para se criar um ambiente de bem-estar e conseqüentemente, mais seguro. Outras estratégias utilizadas pelas empresas são os incentivos e as oportunidades de crescimento dentro das mesmas. O diferencial relevante de uma empresa em relação à outra é percebido pelo bem-estar e pela segurança de seus colaboradores, pois quando se sentem reconhecidos e visualizam oportunidades de crescimento, se mantêm interesse pelo trabalho e, conseqüentemente maior foco e produtividade.

As indústrias madeireiras criam um impacto, não apenas ambiental, mas também na qualidade de vida do homem, quando suas atividades não são realizadas de maneira correta. Diversos são os acidentes originados por tais atividades e englobam riscos físicos, químicos, biológicos e ergonômicos. Da extração da madeira até o seu beneficiamento, a atividade madeireira apresenta variados tipos de riscos, com um histórico de acidentes relevante, sendo a atividade considerada de alto grau de risco.

É imprescindível que os proprietários das madeireiras orientem seus funcionários quanto ao uso dos equipamentos de proteção, bem como a discriminação de quais são necessários nas diferentes atividades desempenhadas pelos funcionários, pois os operários manuseiam máquinas e equipamentos pesados e cortantes, com riscos à integridade do trabalhador quando não são bem operados.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho consiste-se em uma revisão integrativa, buscando-se aumentar o conhecimento sobre determinado assunto, por intermédio de uma análise ampla da literatura, enriquecendo discussões sobre os resultados de pesquisas e refletindo sobre a realização de futuros trabalhos.

O objetivo de uma revisão integrativa é obter um profundo conhecimento de um determinado assunto baseando-se em estudos anteriores. A revisão integrativa abrange um conjunto de procedimentos para identificar, avaliar, interpretar e caracterizar de forma estruturada, os estudos disponíveis na literatura relacionados a uma questão específica.

## SEGURANÇA DO TRABALHO

A segurança no trabalho pode ser entendida como o conjunto de medidas postas em práticas que objetivam reduzir os acidentes e riscos no trabalho, como também cuidados com a integridade e capacidade do trabalhador (Silva, 2008).

A teoria da Mais Valia Absoluta é um exemplo do sistema capitalista de que ‘quanto mais produzir, mais dinheiro’, observou que o trabalhador custa caro

Conforme Alcântara (2011), o processo de produzir valor simplesmente dura até o ponto em que o valor da força de trabalho pago pelo capital é substituído por um equivalente. Ultrapassando esse ponto, o processo de produzir valor torna-se processo de produzir mais-valia (valor excedente).

A partir desta ideologia a segurança no trabalho foi aos poucos surgindo, com normas de segurança, legislações, equipamentos de proteção individual (EPI) grande salto qualitativo nas ações preventivas, estimulando uma atuação mais eficaz por parte das empresas, sindicatos, Ministério do Trabalho, entre outros” (Gomes; Oliveira, 2012).

As normas regulamentadoras foram criadas pelo Ministério do Trabalho por meio da Portaria 3.214/79, onde o intuito era de constituir requisitos técnicos e legais sobre os aspectos de segurança de saúde ocupacional (Silva, 1999). Atualmente várias são as normas regulamentadoras que direcionam as ações e obrigações das empresas, com ações de prevenção, controle e, conseqüentemente diminuição dos riscos, todos voltados para a preservação da integridade física e da saúde dos funcionários/trabalhadores. Peinado (2019), relata que “apesar de haver uma grande quantidade de normas sobre essa temática, deve-se ter clareza de que elas trazem apenas os requisitos mínimos a serem atendidos para garantia da segurança e saúde do trabalhador” e ainda cita a necessidade de a empresa criar sua ‘própria cultura de segurança’, com medidas e procedimentos preventivos.



## ***Serraria***

A serraria é o tipo de indústria que transforma a madeira roliça em madeira serrada ou em peças beneficiadas (Rocha, 2001, 2002). Este procedimento acontece através da técnica do desdobro ou processamento mecânico, permitindo produzir produtos sólidos diversos, com variados tamanhos e dimensões. Segundo Vital (2008) tais produtos atendem, basicamente, a construção civil e as indústrias.

Serraria é definida como “estabelecimento industrial onde são serradas peças de madeiras” (Borba, 2011), processos estes geralmente mecânicos, onde a madeira bruta é transporta do campo em forma de tora e sofre o desdobro, sendo fatiadas em tábuas, ripas, vigas, caibros, sarrafos e muitos outros, dependendo da precisão do comprador. Para Vital (2008), as serrarias são caracterizadas como indústrias isoladas, de pequeno capital e manejo inadequado, podendo ter baixo rendimento operacional e produtivo, no entanto, ampla produção de resíduos.

O setor madeireiro sempre se destacou, dentro da atividade florestal, em quantidade de empresas e em consumo de madeira. Em termos de volume das indústrias florestais, a madeira serrada é o item mais importante. As serrarias processam mais da metade das madeiras vendidas em toras no mundo (Ponce, 1993).

Por serem indústrias mais simples, mas diante deste vasto campo de trabalho, a indústria madeireira é um dos setores que mais ocorrem acidentes de trabalho (Vital, 2008). A falta de iluminação adequada e a falta de sinalização são um risco a integridade física do trabalhador, diante de atividades que são repetidas várias vezes por dia (Souza et al., 2002). Pignati e Machado (2005) ressaltam a necessidade de se fazer um planejamento prévio de todas as atividades realizadas em uma serraria, visando uma máxima eficiência operacional, desde um maior rendimento da madeira serrada, a manutenção dos equipamentos e às condições salubres de seus funcionários.

## ***Perfil dos trabalhadores nas serrarias***

Culturalmente, homens de baixo poder aquisitivo fazem parte do perfil dos trabalhadores das serrarias, onde outro fator se destaca: o grau de escolaridade (Sobieray et al., 2007). Este fator dificulta o processo de qualificação e conscientização dentro de uma empresa, principalmente no que se refere ao uso de equipamentos de proteção individual. O aumento da escolaridade dos trabalhadores contribui para melhor entendimento das orientações sobre o uso e manuseio dos equipamentos, sejam de proteção, como também das máquinas que os mesmos devem operar (Sobieray et al., 2007). Na medida em que se tem mais escolaridade e conhecimento dos direitos, há também uma preocupação maior com a saúde física e com o ambiente de trabalho (Sobieray et al., 2007).

Preocupante também é a idade que muitos trabalhadores ingressam nos pesados perigosos trabalhos de uma serraria, muitas vezes infringindo a legislação (Sobieray et al., 2007), pois segundo Brasil (2000), em seu Artigo 403, a Lei nº 10.097/2000 determina que é proibido qualquer trabalho a menor de dezesseis anos de idade, salvo na condição de aprendiz, a partir dos quatorze anos. O trabalho do menor

não poderá ser realizado em locais prejudiciais à sua formação, ao seu desenvolvimento físico, psíquico, moral e social e em horários e locais que não permitam a frequência à escola.

No entanto, ao infringir a Lei, o empregador poderá vir a responder criminalmente além de ser multado pelo Ministério do Trabalho.

### ***Acidentes***

A definição de acidente é “acontecimento infeliz, casual ou não, e de que resulta ferimento, dano, estrago, prejuízo, avaria, ruína etc.; desastre” (Ferreira, 1988). O termo ‘acidente’ sugere naturalmente, a impressão de algo repentino, ocorrido por imprevisto e/ou eventualidade resultando em danos físicos e pessoais e, que suas consequências são imediatas após o ocorrido. No artigo nº 19 da Lei Federal 8213/91, acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta Lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (BRASIL, 1991).

Contudo, observa-se que as definições em relação à causalidade indireta têm no art. 21, inciso II, da Lei 8213/91, são aquelas lesões relacionadas ao trabalho, de forma indireta.

Art. 21 – Equiparam-se também ao acidente de trabalho, para os efeitos desta Lei que: o acidente sofrido pelo segurado no local e no horário do trabalho, em consequência de:

- a) ato de agressão, sabotagem ou terrorismo praticado por terceiro ou companheiro de trabalho;
- b) ofensa física intencional, inclusive de terceiro, por motivo de disputa relacionada ao trabalho;
- c) ato de imprudência, de negligência ou de imperícia de terceiro ou de companheiro de trabalho;
- d) ato de pessoa privada do uso da razão;
- e) desabamento, inundação, incêndio e outros casos fortuitos ou decorrentes de força maior.

Nada obstante, a causalidade indireta se relaciona com acidentes em sua atividade de trabalho e não a atos de agressões relacionados a motivos pessoais. Entretanto, “doença proveniente de contaminação acidental do trabalhador em exercício de sua atividade”, equipara-se a acidente de trabalho, como elencada no art. 21, inciso III da Lei 8213/91.

A Norma 14280 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1999) expõe: “acidente do trabalho é a ocorrência imprevista e indesejável, instantânea ou não, relacionada com o exercício do trabalho, que provoca lesão pessoal ou de que decorre risco próximo ou remoto dessa lesão”. A norma ainda cita os diferentes tipos de acidente de trabalho, suas classificações e procedimentos. A Lei 8213/91 (BRASIL, 1991) refere doença do trabalho, adquirida ou desencadeada a partir do exercício de uma função.

### ***Equipamentos perigosos***

É comum observar em serraria, más condições de máquinas e equipamentos, no ambiente de trabalho que é considerado rústico e insalubre (Pignati; Machado, 2005). Outros fatores que tornam os equipamentos mais perigosos é a falta de capacitação e de treinamento específico (Pignati; Machado, 2005).

Em uma serraria existem diversos ambientes usados para o processamento da madeira, a começar pelo pátio onde ocorre o descarregamento das toras oriundas da floresta (Pignati; Machado, 2005). Em seguida, a serra circular é o primeiro processo mecânico pelo qual a tora passa, seguidos dos processos com a destopadeira, plaina, fresa, lixadeira e tupia (Pignati; Machado, 2005).

A serra circular e a serra fita são equipamentos de alta periculosidade, sendo considerados os mais perigosos de uma serraria, mentores de grandes e permanentes mutilações (Pignati; Machado, 2005). Tal periculosidade constitui o panorama de acidente mais comum deste ambiente de trabalho, gerando afastamento e até mesmo invalidez (Sobieray et al., 2007) pois os riscos de amputações de dedos, mãos e outras partes de membros superiores é grande pelos trabalhadores que as manuseiam (citação).

### ***Equipamentos de Proteção Individual (EPI)***

De extrema importância para a integridade física do trabalhador, os Equipamentos de Proteção Individuais (EPIs), ajudam a prevenir os acidentes mais frequentes e comuns, como cortes, quedas, queimaduras, choques elétricos e também, graves acidentes, como amputação (Gonçalves, 2013). Os cuidados a serem tomados são de acordo com o grau de risco associado à atividade que se desenvolve, no entanto, os principais cuidados são com os membros superiores e inferiores, cabeça, troncos e vias respiratórias (ANDEF, 2002). A prevenção é uma das maneiras de evitar acidentes e, investir no treinamento dos trabalhadores resulta em melhoria do ambiente organizacional (Mastella, 2013).

O Comitê de Boas Práticas Agrícolas (COGAP) e a Associação Nacional de Defesa Vegetal (ANDEF) elaboraram um manual para o uso correto dos EPIs para orientar trabalhadores da área agrícola (ANDEF, 2002). No entanto, com pequenas adaptações, o mesmo Manual pode e deve ser usado pelos trabalhadores das serrarias. Entre eles estão às luvas, as máscaras, as viseiras faciais transparentes, óculos transparentes, protetor auricular, avental e botas. O uso dos EPI de forma adequada aos riscos de cada atividade é fundamental para proteger a integridade física e a saúde do trabalhador (ANDEF, 2002).

Todos os EPIs devem ser lavados separadamente, higienizados e guardados adequadamente, assegurando assim, maior vida útil. Conforme o Manual da ANDEF, os Procedimentos para lavar as vestimentas de proteção (EPI) são:

- Os EPI devem ser lavados separadamente da roupa comum;
- As vestimentas de proteção devem ser enxaguadas com bastante água corrente para diluir e remover os resíduos da calda de pulverização;

- A lavagem deve ser feita de forma cuidadosa com o sabão neutro (sabão de coco). As vestimentas não devem ficar de molho. Em seguida, as peças devem ser bem enxaguadas para remover todo sabão;
- Importante: nunca use alvejantes, pois poderá danificar a resistência das vestimentas;
- As botas, as luvas e a viseira devem ser enxaguadas com água abundante após cada uso;
- Guarde os EPI separados da roupa comum para evitar a contaminação;
- Faça revisão periódica e substitua os EPI estragados (ANDEF, 2002).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A relevância prática deste trabalho é a sensibilização e conscientização da necessidade de adoção de medidas preventivas no âmbito da segurança e saúde do trabalho em serrarias, por meio da identificação dos riscos e das ações para a minimização dos mesmos, de modo a garantir a preservação da saúde, da dignidade e da vida do trabalhador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14280. *Cadastro de Acidentes do Trabalho. Procedimento e classificação*. Rio de Janeiro, 1999.
- Alcantara. G. B. Teoria Marxista da Dependência: Uma Crítica a Ricardo Antunes. 2011. Disponível em: <<http://tcc.bu.ufsc.br/Economia298945.pdf>>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.
- ANDEF - Associação Nacional de Defesa Vegetal Cogap - Comitê De Boas Práticas Agrícolas - Manual de Uso Correto e Seguro de Produtos Fitossanitários/Agrotóxicos. São Paulo: Línea, Creativa, 2002. Disponível em: <<https://www.casul.com.br/arquivo/imagem/1679091c5a880faf6fb5e6087eb1b2dcManualUCS.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2021.
- Borba, F. S. Dicionário Unesp do Português Contemporâneo/Francisco S. Borba. Colaboradores: Beatriz Nunes de Oliveira Longo, Maria Helena de Moura Neves, Marina Bortolotti Bazzoli e Sebastião Expedito Ignácio – Curitiba: Piá, 2011
- Brasil. Lei 10.097, de 19 de dezembro de 2000. Altera dispositivos da Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1º de maio de 1943. Jusbrasil, Brasília, DF [s.d.]. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/busca?q=art.+1+da+lei+do+aprendiz+-+lei+10097%2F00>>. Acesso em: 25 out. 2021
- Brasil. Lei 8.213, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências. Jusbrasil, Rio de Janeiro, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/busca?q=art.+22+da+lei+8213%2F91>>. Acesso em: 25 out. 2021.
- Ferreira, A. B. H. Dicionário Aurélio escolar da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988.

- Gomes, P. C. R; Oliveira, P. R. A. Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho. Brasília: WEducacional e Cursos Ltda, 2012.
- Gonçalves, F. S. Revisão de programa de prevenção de riscos ambientais para indústria de alimentos. Monografia do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/98107/000920471.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 25 de outubro de 2021.
- Mastella, V. G. Elaboração do mapa de risco para o setor de fundição da empresa metalúrgicas LTDA. Monografia do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Do Extremo Sul Catarinense - UNESC, Criciúma, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1675/1/Vagner%20Gon%20alves%20Mastella.pdf>>. Acesso em 20 de outubro de 2021
- Peinado, H. S. Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil. São Carlos: Editora Scienza, 2019.
- Pignati, W. A.; Machado, J. M. H. Riscos e agravos à saúde e à vida dos trabalhadores das indústrias madeireiras de Mato Grosso. Ciência Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 961-972, 2005.
- Ponce, R. H. Novas Tecnologias de Desdobro e Beneficiamento de Madeira: a busca da competitividade. In: Anais Do 7o Congresso Florestal Brasileiro. Curitiba: SBS e SBEF, 1993. p 310-314. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/328/196>>. Acesso em 18 de outubro de 2021
- Rocha, M. P. Técnicas e planejamento em serrarias. 5. ed. Curitiba: UFPR, 2001. 105 p. 18.
- Rocha, M. P. Técnicas e planejamento em serrarias. Curitiba: FUPEF, 2002. 121 p.
- Silva, G. M. Introdução à segurança do trabalho. Apostila. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFT-MG), 2008. 123p. Disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/apostila-de-seguranca-do-trabalho/4787714>>. Acesso em 20 de outubro de 2021.
- Silva, K. R. Análise de fatores ergonômicos em marcenarias no município de Viçosa, MG. 1999. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20382/1/artigo.pdf>>. Acesso em 18 de outubro de 2021.
- Sobieray, T. N. C.; Nogueira, M. C. J. A.; Durante, L. C.; Lambert, J. A. Um estudo sobre o uso de equipamentos de proteção coletiva como prevenção de acidentes em indústrias madeireiras de Mato Grosso. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande, v. 18, jan./jul. 2007. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/index.php/remea/article/view/3553/2117/>>. Acesso em 25 de outubro de 2021.




Souza, V.; Blank, V. L. G.; Calvo, M. C. M. Cenários típicos de lesões decorrentes de acidentes de trabalho na indústria madeireira. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 36, n. 6, p. 702-708, dez. 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.20435/multi.v21i49.606>>. Acesso em 15 de outubro de 2021.


Vital, B. R. Planejamento e operação de serrarias. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 211 p.


# Tamizaje fitoquímico de *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. desarrollada en condiciones de salinidad, sequía y calor en Sonora, México


Recibida em: 29/04/2023


Aprobado em: 04/05/2023


 10.46420/9786581460945cap2

Angélica Herrera Sepúlveda 

Leandris Argente Martínez<sup>2</sup> 

Julio Cesar García Urías 

Iram Mondaca Fernández 

Jorge González Aguilera 

## INTRODUCCIÓN

Las plantas, en condiciones óptimas para su desarrollo priorizan el metabolismo primario (MP) involucrado en procesos centrales como son: el crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos (Bolton, 2009; Dumont; Rivoal, 2019) sin embargo, como respuesta frente a condiciones de estrés (biótico y abiótico), las plantas sintetizan una considerable cantidad de compuestos orgánicos que son conocidas como metabolitos secundarios (MS) (Croteau et al., 2015).

Los MS son compuestos químicos de bajo peso molecular (terpenos, alcaloides, aminoácidos no proteicos, aminas, compuestos fenólicos, glucósidos, terpenoides, poliacetilenos, policétidos y fenilpropanoides) (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003) que cumplen funciones no esenciales en las plantas y generalmente no intervienen en las reacciones del MP (Síntesis de carbohidratos, lípidos, proteínas u hormonas) (Castellanos; Espinosa-García, 1997). Su síntesis se activa como defensa ante herbívoros, posibles patógenos (Avalos-García; Perez-Urría Carril, 2009), o en respuesta a cambios ambientales, ofreciendo a las plantas capacidades de adaptación (Divekar et al., 2022).

En el noroeste de México, principalmente en las zonas costeras más cercanas al Mar de Cortés, se combinan factores abióticos que limitan la productividad de las especies existentes. Estos factores como la sequía (Devora-Isiordia et al., 2018), las variaciones térmicas (Morales-Coronado et al., 2019) y la salinidad existente en los suelos (Soto Gonzales et al., 2021) afectan el metabolismo normal de las plantas y su óptimo desarrollo, lo que induce a las plantas a sintetizar MS para su adaptación y supervivencia (War et al., 2020).

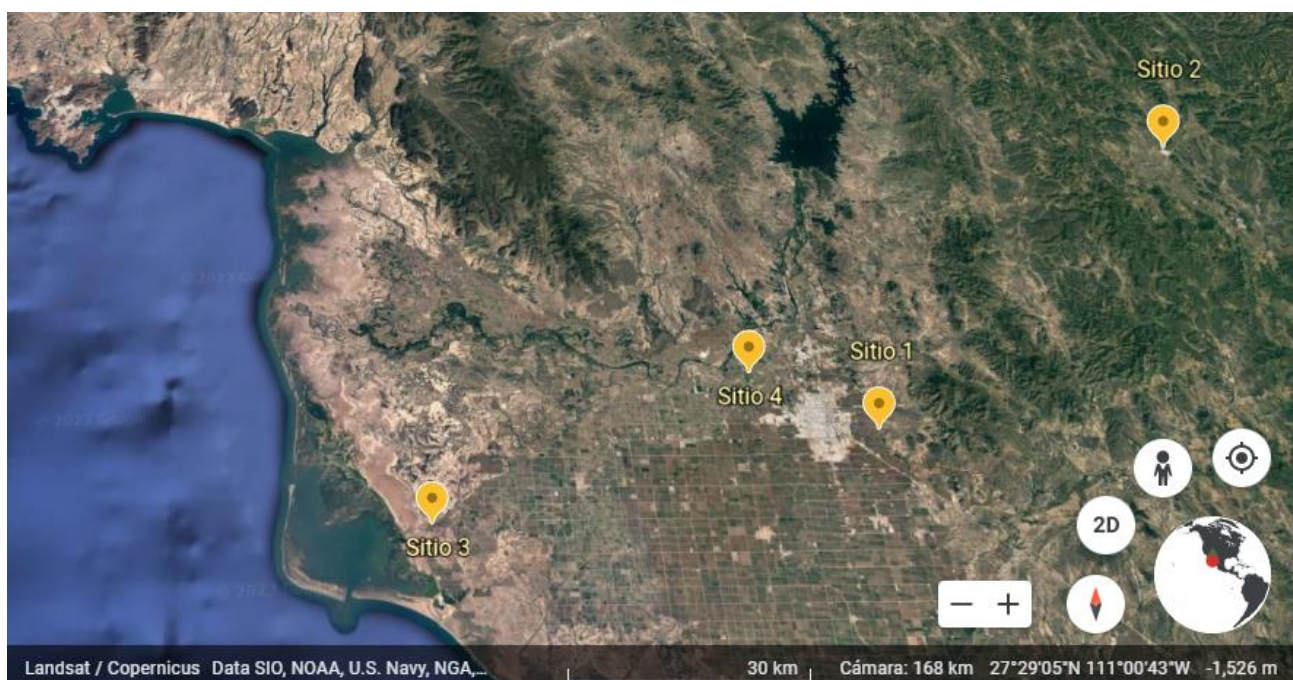
Entre las especies más frecuentes en la región semidesértica del sur de Sonora en ecosistemas frágiles y degradados, las que conforman el género *Parkinsonia* presentan altos porcentajes de dominancia, demostrando su capacidad de tolerar las condiciones de estrés existentes en la región (González et al., 2022). Una de estas especies es *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. especie que ha mostrado rasgos de adaptación

a estas condiciones y mínima presencia de plagas y enfermedades. Teniendo en cuenta estos criterios se realizó una investigación con el objetivo de desarrollar el tamizaje fitoquímico de esta especie, desarrollada en condiciones de salinidad, sequía y calor en el Desierto de Sonora, para sus posibles aplicaciones en el biocontrol de plagas y enfermedades en cultivos de interés agrícola regional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Sitios de muestreo*

Las muestras fueron tomadas de cuatro sitios experimentales (Figura 1): Sitio 1, condiciones óptimas para el desarrollo, ubicado en la colonia Tepeyac, municipio de Cajeme, Sonora, México; Sitio 2, condición de sequía, ubicado en la localidad de Tesopaco, municipio del Rosario, Tesopaco, Sonora, México; Sitio 3, condición de Salinidad (CSA): ubicado en la localidad de Bahía de Lobos, municipio de San Ignacio, Río Muerto, Sonora, México; Sitio 4, condición calor, ubicado en la colonia Las Misiones, municipio de Cajeme, Sonora, México.



**Figura 1.** Localización de los sitios de muestreo. Sitio 1: Colonia Prados del Tepeyac, Municipio de Cajeme; Sitio 2: Tesopaco, municipio del Rosario, Tesopaco; Sitio 3: Bahía de Lobos, municipio de San Ignacio, Río Muerto; Sitio 4: Las Misiones, Municipio de Cajeme.

### *Toma de muestras*

Se tomaron muestras de tallos y hojas de plantas encontradas en los sitios experimentales y se trasladaron en bolsas ziploc, a temperatura de 24°C para ubicarlas, posteriormente en el laboratorio, en bandejas de plástico para su deshidratación a temperatura ambiente (24°C). Transcurridos seis días, cuando se obtuvo un peso constante de las muestras, se molieron y se obtuvieron muestras compuestas

de tallos y de hojas (un kg de cada órgano) procedentes de cada sitio experimental para desarrollar el tamizaje fitoquímico.

### ***Análisis fitoquímicos***

Los extractos fueron sometidos a un tamizaje fitoquímico, en donde se determinó la acumulación de compuestos orgánicos que incluyen: carbohidratos, aminoácidos y proteínas, lípidos complejos, glicósidos, saponinas, alcaloides, terpenos, compuestos polifenólicos y flavonoides, de acuerdo con los métodos de Chakraborty et al. (2010).

### ***Determinación del Contenido de Fenólicos Totales***

El Contenido de Fenólicos Totales (CFI) totales se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu, en un volumen de 100  $\mu\text{L}$  de extracto y 0,5mL de Folin-Ciocalteu. Posteriormente, se dejó reposar durante 6min y luego se añadió 1,5mL de solución de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 20%. El volumen total de la solución se ajustó a 5 ml con agua destilada en baño de María. Después de 2 horas de incubación a temperatura ambiente, se midió la absorbancia a 765 nm. Estas mediciones se desarrollaron por triplicado. La curva de calibración estándar se desarrolló con ácido gálico (0–200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). Los resultados se expresaron en miligramos de ácido gálico equivalente mg (GAE)  $\text{g}^{-1}$  de peso seco de material vegetal.

### ***Determinación del Contenido Total de Flavonoides.***

El método desarrollado por Zhishen et al. (1999) fue empleado para determinar el contenido total de flavonoides. En un mL de extracto, con agua destilada ( $\text{dH}_2\text{O}$ ), 5%  $\text{NaNO}_2$  y 10%, se añadió suficiente masa de  $\text{AlCl}_3$ . Después de 5 min de incubación, se añadió  $\text{NaOH}$  1 M. seguido de la adición de 2,4 ml de  $\text{dH}_2\text{O}$  para obtener el volumen final de 10 ml. La absorbancia del extracto y el estándar. La absorbancia fue medida a 510nm en un por espectrofotómetro US-VIS. El contenido total de flavonoides se expresó como mg de equivalentes de rutina por gramo ( $\text{mg RE g}^{-1}$ ) a través de la curva de calibración con rutina.

### ***Análisis estadísticos***

Para el tamizaje fitoquímico se realizó un análisis de frecuencia de los compuestos que se encontraron en cada condición y se construyeron diagramas para comparar entre condiciones para cada órgano. Al final se compararon los totales de cada órgano.

Los contenidos de polifenoles y flavonoides se compararon entre órganos (fuente de variación A, con dos niveles: Hojas y Tallos) en cada sitio y entre condición de estrés (fuente de variación B, con cuatro niveles: Calor, Salinidad. Sequía y óptimas). Este análisis de varianza se desarrolló basado en un modelo lineal de efectos fijos (Fisher, 1935). Cuando existieron diferencias entre las medias de los tratamientos se usó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para un nivel de significación

del 1% (Tukey, 1960). Para estos análisis se empleó el paquete estadístico profesional ESTATISTICA, versión 14.0 para Windows (Stassoft, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la naturaleza sésil de las plantas, y a que constantemente están expuestas a una amplia gama de estresores ambientales como son: temperatura, sequia, salinidad, alcalinidad, UV, patógenos y herbívoros, éstas han tenido que desarrollar habilidades que le permitan adaptarse y sobrevivir a estos estímulos, al estrés durante todo su ciclo de vida, a la vez que permite que se produzcan relaciones ecológicas entre las plantas y otros organismos. Una de estas estrategias es la síntesis de MS, la cual da lugar a variaciones en sus perfiles fitoquímicos generales. A continuación, se analizan brevemente los resultados obtenidos en la acumulación de MP en *P. aculeata* desarrollada en condiciones de estrés abiótico.

### *Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas y tallos de Parkinsonia aculeata L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y óptimas del desarrollo de las plantas.*

Los resultados del análisis fitoquímico preliminar desarrollado en las muestras de tallo y hoja evidenció que *P. aculeata* ante las condiciones de desarrollo sin estrés, existe acumulación de metabolitos primarios tanto en hojas como en tallos. Además, las únicas funciones orgánicas que se acumulan, conforme a los resultados del tamizaje realizado, son los polifenoles y flavonoides, en ambos órganos evaluados (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tamizaje fitoquímico de muestras de hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y óptimas del desarrollo de las plantas.

Función orgánica	Condición							
	Calor		sequía		Salinidad		Sin estrés	
	hojas	tallos	hojas	tallos	hojas	Tallos	Hojas	tallos
<sup>MP</sup> Carbohidratos	+	+	+	-	+	-	+	+
<sup>MP</sup> Proteínas y aminoácidos	+	-	+	-	-	-	+	+
<sup>MP</sup> Lípidos complejos	-	-	-	+	-	-	+	+
<sup>MS</sup> Glucósidos	+	-	+	+	+	+	-	-
<sup>MS</sup> Saponinas	+	-	+	-	+	-	-	-
<sup>MS</sup> Alcaloides	+	-	+	+	+	+	-	-
<sup>MS</sup> Terpenos	+	-	+	-	+	-	-	-
<sup>MS</sup> Polifenoles	+	+	+	+	+	+	+	+
<sup>MS</sup> Flavonoides	+	+	+	+	+	+	+	+
Total de funciones orgánicas	8	3	8	5	7	4	5	5

<sup>MP</sup>: Metabolito primario, <sup>MS</sup>: metabolito secundario, Signos “+” representa acumulación de la función orgánica y “-” representa no acumulación.



La acumulación de carbohidratos, únicamente se ve afectada en tallos bajo las condiciones de sequía y salinidad; mientras que en condiciones de calor y sequía se afecta la acumulación de proteínas en tallos y, se observa una disminución en la acumulación de lípidos complejos en hojas bajo condiciones de calor, sequía y salinidad y al igual que en tallos, excepto en condiciones de sequía. Específicamente, la condición de salinidad tiene un mayor efecto en la acumulación de metabolitos primarios (proteínas, aminoácidos y lípidos complejos) tanto en hojas como en tallos.

Los lípidos desempeñan múltiples roles y funciones en el tejido de la planta como: constituyentes de la pared celular, almacenamiento de moléculas metabólicamente energéticas, señalización y mecanismos de respuesta ante estresores (Yozo; Kazuki, 2014). Dentro de los mecanismos para reducir el impacto del estrés abiótico, está el de generar un cambio en la composición de los ácidos grasos que constituyen las membranas celulares; así como una inhibición en la síntesis de lípidos, la cual implica un redireccionamiento del flujo de carbohidratos al metabolismo de flavonoides, para incrementar su abundancia y así presentar resistencia frente a condiciones de estrés abiótico, por ejemplo, la sequía (Gai et al., 2020).

Los resultados presentados, demuestran el efecto adverso de los estreses abióticos de calor, salinidad y sequía que afectan la acumulación de MP en *P. aculeata*. Esta variación puede atribuirse a la disrupción del proceso fotosintético, proceso metabólico encargado de la síntesis de macromoléculas estructurales como son los carbohidratos, proteínas y lípidos, involucrado directamente en el crecimiento, desarrollo y reproducción de la planta. Sin embargo, aun cuando se presenta una alteración en la acumulación de MP, estas condiciones promueven la acumulación de las funciones orgánicas como: alcaloides, glucósidos, saponinas, terpenos, polifenoles y flavonoides, principalmente en hojas (Tabla 1). Bajo las tres condiciones, se obtuvo mayor presencia de las funciones orgánicas en hojas vs tallos; con presencia de todas las funciones orgánicas evaluadas. Un hallazgo importante en este estudio es que en tallo no se acumularon saponinas ni terpenos bajo ninguna condición, sin embargo, si se acumularon en hoja. Las saponinas son glicósidos hidrosolubles, conformado estructuralmente por una aglicona (terpenoide o esteroideal) unida a carbohidratos (azúcares) a través de enlaces glucosídicos (Vincken et al., 2007). Los terpenoides o isoprenoides, se derivan de la fusión de unidades de cinco carbonos en la molécula llamada isopreno (C5) y se clasifican de acuerdo al número de unidades de isopreno que los forman (Sepúlveda-Jiménez et al., 2003). Algunas de las funciones que comparten las saponinas y terpenos en plantas son: i) actuar como mecanismo de defensa contra depredadores herbívoros y patógenos, ii) tienen un papel en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas bajo condiciones de estrés abiótico. En este sentido, se ha reportado variación en la acumulación de isoprenos, monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos, los cuales forman parte de fitohormonas como: ácido abscísico (ABA) y Giberelinas, implicadas en la tolerancia al sequía, salinidad y protección frente a patógenos y como promotoras del crecimiento total de la planta (tallos y hojas) así como la elongación del tallo (Tholl, 2015). En plantas como árbol del jabón (*Quillaja brasiliensis*), ginseng (*Panax notoginseng*) y

alfalfa (*Medicago sativa*), se ha reportado un incremento en la síntesis y acumulación de saponinas en diferentes órganos, ya que pueden actuar como un mecanismo de defensa para proteger a las plantas de los efectos del estrés abiótico, incluyendo la sequía y la salinidad (De Costa et al., 2013; Mickky et al., 2016; Zang et al., 2022). Por otra parte, Soliman et al. (2020) reportó efecto positivo en el incremento a la tolerancia a estrés salino en soya (*Glycine max*) al dar un pretratamiento a las semillas con un 5% de saponinas aisladas de quinoa. El efecto favorable de las Saponinas y Terpenos puede atribuirse a: 1) su capacidad antioxidante, la cual puede ayudar a proteger membranas celulares y estructuras subcelulares de daños oxidativos causados por el estrés abiótico, 2) al haber un incremento de Saponinas y terpenos en raíces, la presencia de ST puede mejorar la capacidad de las plantas para absorber nutrientes y agua del suelo, lo que puede ser beneficioso durante períodos de estrés hídrico y salino.

Adicionalmente se evidenció que, bajo las condiciones de estrés abiótico, y en el control, el contenido de flavonoides y polifenoles tanto en hoja como en tallo fue significativo (Tabla 2); lo que demuestra la preferencia de esta especie por la síntesis de estos compuestos orgánicos en condiciones de estrés abiótico y a su vez como mecanismo de defensa ante la posible incidencia de plagas y enfermedades, por esta razón esta especie no ha sido reportada muchas plagas y enfermedades. A continuación, se profundizará sobre estos resultados.

***Contenido de flavonoides totales en hojas y tallos de Parkinsonia aculeata L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.***

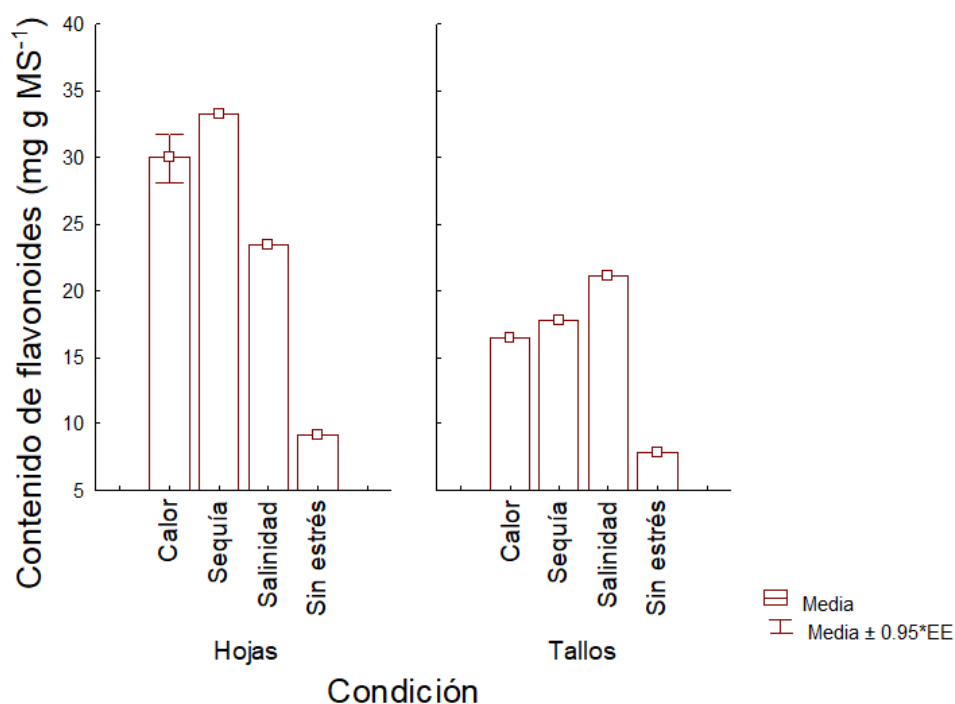
Al analizar estadísticamente la variabilidad existente en el contenido de flavonoides totales en las muestras analizadas procedentes de los sitios experimentales se encontraron diferencias altamente significativas entre los sitios, entre los órganos donde se evaluaron y existió interacción significativa entre los sitios y órganos. Cuando se desarrolló el análisis de la contribución de las fuentes de variación a la variabilidad total (coeficiente de determinación,  $R^2$ ) se obtuvo que la condición donde se desarrollaron las especies aportó el 59% de la variabilidad total encontrada en el contenido de flavonoides, mientras que los órganos aportaron el 22%. La interacción contribuyó en un 18% a la variabilidad total (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Contenido de flavonoides totales en hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.

Fuentes de variación	SC	CM	F	P	R <sup>2</sup>
Condición	716.93	238.98	38.18	0.000044	0.59
Órgano	266.23	266.23	42.53	0.000184	0.22
Condición*Órgano	164.07	54.69	8.74	0.006634	0.18
Error	50.08	6.26			

[SC: Suma de cuadrados; CM: cuadrados medios; F: valor de F de Fisher calculado; p: probabilidad de error; R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación sin ajustar].

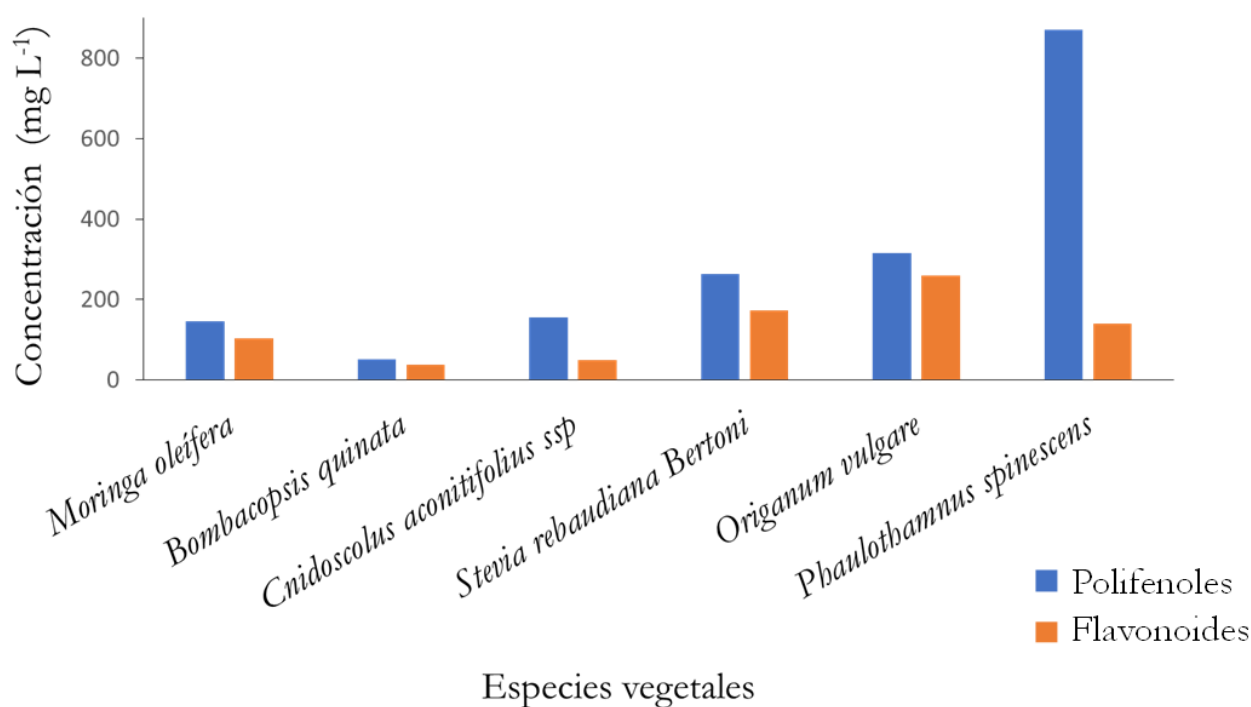
Todas las muestras de hojas en las cuatro condiciones experimentales presentaron mayor contenido de flavonoides totales (Figura 2). Las muestras de hojas tomadas de la condición de sequía fueron las que más alto contenido de flavonoides presentó. Sin embargo, en los tallos de la condición de salinidad fue donde se acumuló el mayor contenido de flavonoides. En la condición sin estrés el contenido de flavonoides no alcanzó los 10 mg g MS<sup>-1</sup>, lo que demuestra que estos compuestos son sintetizados como respuesta a la salinidad.



**Figura 2.** Contenido de flavonoides en extractos de *Parkinsonia aculeata* L. Sp.Pl. desarrollada en condiciones de calor (S1), sequía (S2) salinidad (S3), y óptimas para su desarrollo (S4). Barras rectangulares representan desviaciones de la media.

Los flavonoides son la subclase de polifenoles, compuestos naturales de bajo peso molecular, la mayoría con estructura de fenil-benzo- $\gamma$ -pirona (o fenil- $\gamma$ -cromona), productos del metabolismo

secundario vegetal (Castro; Cambeiro, 2003). Los flavonoides están ampliamente distribuidos entre los vegetales superiores; abundan, sobre todo, en las partes aéreas jóvenes y más expuestas al sol, como hojas, frutos y flores, ya que la luz solar favorece su síntesis. En las plantas, los flavonoides desempeñan muchas funciones, como regular el crecimiento celular, atraer insectos polinizadores y proteger contra el estrés biótico y abiótico (Rodríguez de Luna et al., 2020). Por ejemplo, los flavonoides de las plantas pueden actuar como moléculas señalizadoras, filtros UV y eliminadores de especies reactivas del oxígeno (ROS), y desempeñan varios papeles funcionales en la tolerancia a la sequía, el calor y las heladas (Di Ferdinando et al., 2012). Jan et al. (2021) presenta una revisión de la ocurrencia de varios MS en plantas frente a condiciones de estrés biótico y abiótico y la función biológica que desempeñan; destacando la presencia de flavonoides como: cianidina, maldivina, peonidina, delphinidina, tangerentina, apigenina en cultivos de lechuga, rábano, coliflor, apio, las cuales principalmente se encuentran asociadas a la mitigación del estrés abiótico. En especies vegetales cultivadas en el sur de Sonora (Figura 3) se ha reportado variación en el contenido de flavonoides, destacando orégano (*Origanum vulgare*), con una concentración por arriba de los 250 mg L<sup>-1</sup>. Mientras que para Pochote (*Bombacopsis quinata*), la concentración de flavonoides fue la más baja (38.11mg L<sup>-1</sup>). La variación en el contenido de flavonoides entre plantas, se ha reportado que puede atribuirse a varios factores como la especie, localización geográfica, clima, luz de, temperatura, condiciones del suelo, estrés hídrico, el momento de la cosecha y otros (Croteau et al., 2015).



**Figura 3.** Contenido de polifenoles y de flavonoides totales en especies vegetales cultivadas del sur de Sonora en condiciones de sequía.

***Contenido de polifenoles totales en hojas y tallos de Parkinsonia aculeata L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.***

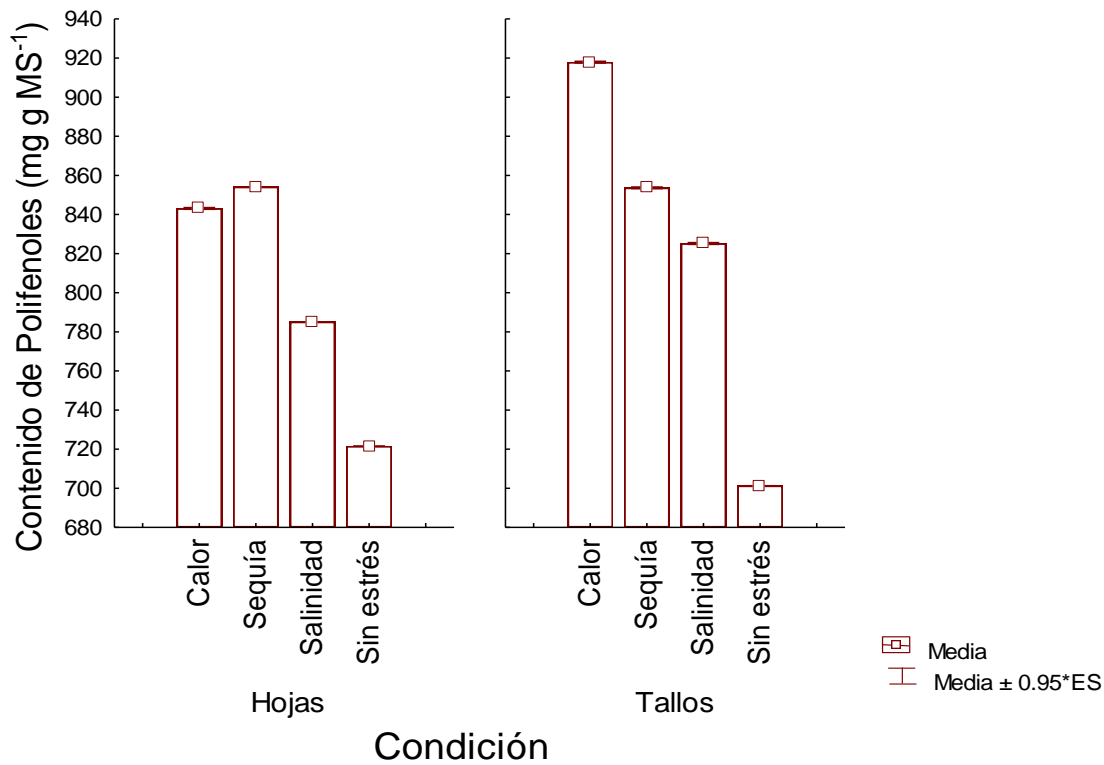
El contenido de polifenoles presentó diferencias significativas entre las condiciones, entre los órganos y hubo interacción altamente significativa entre los órganos. En esta variable, la mayor contribución a la variabilidad total existente la presentó la condición donde se desarrollaron las plantas, aportando el 89%. Este resultado demuestra que en condiciones de estrés se incrementa la síntesis de polifenoles en esta especie (Tabla 3). Los órganos solamente aportaron en un 3%, la contribución de esta fuente de variación que fue superada por la interacción “Condición\*Órgano” que aportó el 7% a la variabilidad total existente en el contenido de polifenoles.

**Tabla 3.** Contenido de polifenoles totales en hojas y tallos de *Parkinsonia aculeata* L., Sp. Pl. desarrollada en condiciones de sequía, salinidad, calor y sin estrés.

Fuentes de variación	SC	CM	F	R2
Condición	66436.36	22145.45	92987.08	0.89
Órgano	2215.82	2215.82	9232.58	0.03
Condición*Órgano	5396.03	1798.68	7449.45	0.07
Error	1.91	0.24		

El contenido de polifenoles siempre fue superior en los tallos que en las hojas en las condiciones de calor, sequía y salinidad (Figura 4). Por su parte, en la condición sin estrés las plantas acumularon más polifenoles en las hojas que en tallos. El mayor contenido de polifenoles totales en hojas se obtuvo en la condición de sequía, mientras que en los tallos el mayor contenido se obtuvo en la condición de calor. En condiciones normales, sin estrés en esta especie, las plantas no superan los 750 mg g MS<sup>-1</sup>.





**Figura 4.** Contenido de polifenoles en extractos de *Parkinsonia aculeata* L. Sp.Pl. desarrollada en condiciones de condiciones de calor (S1), sequía (S2) salinidad (S3), y óptimas para su desarrollo (S4). Barras rectangulares representan desviaciones de la media.

Los compuestos fenólicos, son un grupo de MS omnipresentes en las plantas, esenciales para la defensa frente a parásitos y plagas (Wuyts et al., 2006). Se caracterizan por su estructura, que incluye como mínimo un anillo fenólico. Los compuestos fenólicos suelen presentes en las plantas en formas solubles o unidas, pero también pueden clasificarse en subgrupos según sus estructuras químicas. Los fenoles se producen en condiciones óptimas y subóptimas en las plantas y desempeñan funciones clave en procesos de desarrollo como la división celular, la regulación hormonal, la actividad fotosintética, la mineralización de nutrientes y la reproducción (Tanase et al., 2019). En condiciones de estrés abiótico, las plantas presentan un incremento en la síntesis de polifenoles, como los ácidos fenólicos y los flavonoides, para ayudar a la planta a hacer frente a las adversidades ambientales. Con respecto a la mayor acumulación de compuestos fenólicos en los tallos de *P. aculeata* bajo condiciones de sequía, se ha reportado que la acumulación de ácidos fenólicos y flavonoides actúan como antioxidantes y evitan el sufrimiento de la planta ante déficit hídrico en cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*), tomillo (*Thymus vulgaris*), canola (*Brassica napus*) (Galieni et al., 2015; Khalil et al., 2018; Rezayian et al., 2018). Sharma et al. (2019) presentan una revisión detallada sobre el rol de los polifenoles en plantas expuestas a condiciones de estrés abiótico, destacando su rol como mecanismo de mediación para contrarrestar sus efectos adversos.

En la Figura 3, se presenta la variación del contenido de polifenoles, en especies vegetales cultivadas en el sur de Sonora, destacando el cultivo de bachata (*P. spinescens*), con una concentración de aproximadamente 1000 mg L<sup>-1</sup>, seguido por orégano (*O. vulgare*) y Stevia (*S. rebaudiana bertonii*).

La variación en la acumulación de MS-Órgano (Flavonoides/Fenoles-Tallo/Hoja) observada en *P. aculeata*, está directamente relacionado con la función de dichos órganos en la planta, por ejemplo, en hojas es donde se lleva a cabo la mayor parte del proceso fotosintético, sin embargo, al haber una disrupción de las condiciones “ideales” para llevar a cabo éste procesos, será necesario la síntesis y acumulación de MS que favorezca la homeostasis celular, que asegurará la sobrevivencia de la planta bajo condiciones de estrés. Específicamente para *P. aculeata*, se ha reportado que además de las hojas, el tallo también juega un papel importante en el proceso fotosintético, de ahí su nombre común palo verde.

En general, la variedad estructural dentro de un mismo grupo de MS está dada por modificaciones químicas a una estructura básica, originadas por reacciones químicas, tales como la hidroxilación, metilación, epoxidación, malonilación, esterificación y la glucosilación (Wink; Schimmer, 1999). Esta variabilidad genera perfiles metabólicos diferentes entre especies, entre los miembros de una población y entre los diferentes órganos de la planta, la cual es parte de la estrategia de adaptación de las plantas. Se sabe que a microorganismos patógenos, insectos y vertebrados herbívoros, les resulta más difícil infectar o alimentarse de una población de plantas que individualmente contienen mezclas diferentes de MS, que de una población con una mezcla homogénea de MS (Castellanos; Espinoza-García, 1997). Los precursores de la biosíntesis de MS se derivan de rutas del metabolismo primario, tales como la glucólisis, el ciclo de Krebs o la vía del Shikimato. Una síntesis constitutiva y específica de MS puede existir para cada tipo de órgano, tejido o tipo celular. Existen también MS que se sintetizan en todos los órganos y tejidos de la planta, pero que se almacenan en órganos o tejidos diferentes a los de su síntesis, a través de su redistribución por el xilema y/o el floema, o por el espacio apoplástico (Edwards; Gatehouse, 1999)

## CONCLUSIONES

En condiciones de estrés por calor, sequía y salinidad la acumulación de metabolitos primarios se afecta en la especie *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl., siendo la acumulación de lípidos complejos la mayormente afectada bajo las tres condiciones, a su vez se observa un incremento la acumulación de metabolitos secundarios tanto en hojas como en tallos. Alcaloides, Polifenoles y Flavonoides, son los metabolitos más abundantes en ambos órganos de las plantas cultivadas bajo calor, sequía y salinidad. Mientras que se observó una menor acumulación de MS en tallos bajo las condiciones de calor y salinidad.

*Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. en condiciones de estrés por calor, sequía y salinidad acumula más polifenoles en hojas que en tallos mientras que los flavonoides son acumulados más en tallos que en hojas. En condiciones óptimas del desarrollo de las plantas los contenidos de flavonoides y polifenoles son igual o menor de 9 mg g MS<sup>-1</sup> y 7209 mg g MS<sup>-1</sup>, respectivamente. Ambos metabolitos son más acumulados en hojas que en tallos en condiciones de desarrollo sin estrés. Por lo tanto, la concentración

de compuestos fenólicos y flavonoides en el tejido vegetal es un buen indicador para predecir el grado de tolerancia al estrés abiótico de las plantas, además, el someter a plantas productoras de MS de interés, a condiciones controladas de estrés, podría ser una estrategia para incrementar la acumulación de éstos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Avalos-García, Á., Pérez-Urria, C. E (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (biología)*, 2(3): 119-145.
- Bolton, M. D. (2009). Primary metabolism and plant defense—fuel for the fire. *Molecular plant-microbe Interactions*, 22(5): 487-497.
- Castellanos, I., Espinosa-García, F. J. (1997). Plant secondary metabolite diversity as a resistance trait against insects: a test with *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and seed secondary metabolites. *Biochemical Systematics and Ecology* 25: 591-602.
- Castro, E. Á., Cambeiro, F. O. (2003). Actividad biológica de los flavonoides (I). Acción frente al cáncer. *Bioquímica. OFFARM*, 22(10).
- Chakraborty, D. D. et al. (2010). Phytochemical evaluation and TLC protocol of various extracts of *Bombax ceiba* Linn. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 1(8): 66-73.
- Croteau, R. et al. (2015). Natural products (secondary metabolites). Buchanan, B. et al. (Eds.). *Biochemistry & Molecular Biology of Plants*, American Society of Plants. Rockville, MD, USA. 1250–1318.
- de Costa, F. et al. (2013). Accumulation of a bioactive triterpene saponin fraction of *Quillaja brasiliensis* leaves is associated with abiotic and biotic stresses. *Plant Physiology and Biochemistry*, 66: 56-62.
- Devora-Isiordia, G. et al. (2018). Evaluation of the effect of the salinity of irrigation water on the yield of castor plant hybrids (*Ricinus communis* L.) in Mexico. *International Journal of Hydrology*, 2(5): 613-616.
- Di Ferdinando, M. et al. (2012). Flavonoids as Antioxidants in Plants Under Abiotic Stresses. Ahmad P, Prasad MNV (eds.). *Abiotic Stress Responses in Plants*. Springer, New York, USA. 159-179.
- Divekar, P. A. et al. (2022). Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. *International journal of molecular sciences*, 23(5): 2690.
- Dumont, S., Rivoal, J. (2019). Consequences of oxidative stress on plant glycolytic and respiratory metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 10: 166.
- Edwards, R., Gatehouse, J. A. (1999). Secondary metabolism. Lea, P. J., Leegood, R. C. (eds.). *Plant Biochemistry and Molecular Biology*. John Wiley and Sons Ltd. Maryland, USA. 193-218.
- Fisher, R. A. (1937). *The Design of Experiments*. Edinburgh, London: Oliver and Boyd.
- Gai, Z. et al. (2020). Exogenous abscisic acid induces the lipid and flavonoid metabolism of tea plants under drought stress. *Scientific Report* 10(1): 12275.

- Galieni, A. et al. (2015). Effects of nutrient deficiency and abiotic environmental stresses on yield, phenolic compounds and antiradical activity in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Scientia Horticulturae*, 187: 93–101.
- González, H. H. S., Peñuelas-Rubio, O., Argente-Martínez, L., Ponce, A. L., Andrade, M. H. H., Hasanuzzaman, M., Teodoro, P. E. (2021). Salinity effects on water potential and the normalized difference vegetation index in four species of a saline semi-arid ecosystem. *PeerJ*, 9, e12297.
- Jan, R. et al. (2021). Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. *Agronomy*, 11(5): 968.
- Khalil, N. et al. (2018). Foliar spraying of salicylic acid induced accumulation of phenolics, increased radical scavenging activity and modified the composition of the essential oil of water stressed *Thymus vulgaris* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 123: 65–74.
- Mickky, B. et al. (2016). Economic maximization of alfalfa antimicrobial efficacy using stressful factors. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(9): 299-303.
- Morales-Coronado, D. et al. (2019). Global warming is reducing the tillering capacity and grain yield of wheat in Yaqui Valley, Mexico. *Agronomía Colombiana*, 37(1): 90-96.
- Plant Reviews*, 3: 17-134.
- Rezayian, M. et al. (2018). Differential responses of phenolic compounds of *Brassica napus* under drought stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 8(3): 2417-2425.
- Rodríguez De Luna, S. L. et al. (2020). Environmentally friendly methods for flavonoid extraction from plant material: Impact of their operating conditions on yield and antioxidant properties. *The Scientific World Journal*, 2020:1-38.
- Sepúlveda-Jiménez, G. et al. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista mexicana de fitopatología*, 21(3): 355-363.
- Sharma, A. et al. (2019). Response of phenylpropanoid pathway and the role of polyphenols in plants under abiotic stress. *Molecules*, 24(13): 2452.
- Soliman, M. H. et al. (2020). Saponin biopriming positively stimulates antioxidants defense, osmolytes metabolism and ionic status to confer salt stress tolerance in soybean. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42: 1-13.
- Tanase, C. et al. (2019). Phenolic Natural Compounds and Their Influence on Physiological Processes in Plants. Watson RR (Ed) *Polyphenols in Plants*, 2nd ed. Academic Press: Cambridge, USA, 45–58.
- Tholl, D. (2015) *Biosynthesis and Biological Functions of Terpenoids in Plants*. Shrader J, Bohlmann J (Eds.). *Biotechnology of Isoprenoids*. Springer, Sitzerland, 63-106.
- Tukey, J. W. (1960). A survey of sampling from contaminated distributions. Olkin I (ed.). *Contribution to Probability and Statistics: Essays in Honor to Harold Hotelling*. Redwood City: Stanford University Press, USA. 448-485


- Vincken, J. P. et al. (2007). Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom, *Phytochemistry* 68: 275e297.
- War, A. R. et al. (2020). Plant defense and insect adaptation with reference to secondary metabolites. Mérillon, J. M., Ramawat, K.. (eds). *Co-Evolution of Secondary Metabolites. Reference Series in Phytochemistry*. Springer, Cham Switzerland. 795-822.
- Wink, M., Schimmer, O. (1999). Modes of action of defensive secondary metabolites. *Annual*
- Wuyts, N. et al. (2006). Extraction and partial characterization of polyphenol oxidase from banana (*Musa acuminata Grande naine*) roots. *Plant physiology and biochemistry*, 44(5-6): 308-314.
- Yozo, O, Kazuki, S. (2014). Roles of lipids as signaling molecules and mitigators during stress response in plants. *The Plant Journal*, 79(4): 584-596.
- Zang, Z. et al. (2022). An adaptive abiotic stresses strategy to improve water use efficiency, quality, and economic benefits of *Panax notoginseng*: Deficit irrigation combined with sodium chloride. *Agricultural Water Management*, 274: 107923.
- Zhishen, J. et al. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4): 555–559.



## Estande e distribuição longitudinal de plântulas de soja em função dos manejos de palhada e solo

Recebido em: 03/05/2023

Aceito em: 07/05/2023

 10.46420/9786581460945cap3

Jorge Wilson Cortez 


José Lucas Gonçalves Greiter 

Matheus Anghinoni 

Matheus Pereira de Jesus 

Maurício Viero Rufino 

Diandra Pinto Della Flora 

Nayra Fernandes Agüero 

### INTRODUÇÃO

Sistemas de manejo do solo e da palha são utilizados como métodos de cultivo/preparo visando melhorar a condição de semeadura das culturas. Os trabalhos de pesquisa ainda não são conclusivos quanto aos efeitos que o preparo do solo e o manejo da palhada da cultura antecessora possa melhorar ou prejudicar o processo de estabelecimento das culturas.

Com esse intuito, Cortez et al. (2021a) estudando preparos do solo e velocidade de semeadura da soja verificaram que não ocorreu efeito dos preparos no estande de plantas. No entanto, para a distribuição longitudinal os autores verificaram que as operações com escarificação e escarificação mais gradagem resultaram em menor quantidade de espaçamentos falhos e duplos, respectivamente.

Cortez et al. (2021b) estudando preparos e velocidade de semeadura do milho verificaram não ocorrer efeito dos preparos no estande e distribuição longitudinal do milho. No entanto, ao analisar a velocidade de semeadura de sementes de milho, está proporcionou estandes diferentes e variações na distribuição longitudinal.

Cortez et al. (2020) ao avaliar as semeadoras pneumática e mecânica na semeadura do milho verificaram que ocorreu alteração no estande de plantas e na quantidade de espaçamentos normais, sendo que a semeadora com dispositivo dosador pneumático apresentou o maior estande e maior quantidade de espaçamentos normais/aceitáveis. Segundo Mialhe (1996) semeadoras pneumáticas devem ter regularidade de distribuição de 90%, enquanto as mecânicas de 60%.

Cortez et al. (2019) estudando efeito dos preparos de solo na semeadura e desenvolvimento da cultura da soja verificaram que o uso da grade proporcionou o maior estande de plantas e os menores valores no sistema de plantio direto. Ainda verificaram que na distribuição longitudinal de plantas, o tratamento com escarificação cruzada mais gradagem apresentou a maior regularidade de distribuição normal e o plantio direto o menor. E concluíram que o sistema sem preparo (plantio direto) teve menor quantidade de espaçamento normal e teve maior quantidade de espaçamentos falhos.

Assim, verifica-se que os trabalhos que envolvem preparo do solo e da palha ora apresentam resultados não significativos, ora significativos o que demonstra a necessidade de novos estudos. E pressupõe-se que sistemas de preparo do solo e da palha proporcionam diferentes ambientes para germinação e emergência das sementes, que pode resultar em divergentes estandes e distribuição.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o estande de plantas e a distribuição longitudinal de plântulas de soja em função do manejo de palhada (rolo-faca, triturador, roçadora, grade niveladora, herbicida e sem manejo) e os sistemas de manejo do solo (plantio direto, escarificação anual e escarificado à 2 anos).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54 °59'W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Köppen. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico, muito argiloso, com média de 62,22% de argila, 20,43% de silte e 17,34% de areia.

Na safra 2014/2015 as parcelas com escarificação anual foram preparadas sobre os restos culturais de milho e plantas daninhas e em outubro foi semeado a soja. Ainda na segunda safra em 2015 a área recebeu a semeadura do milho intercalada com braquiária, que ao final do ciclo foi dessecado e manejado na safra de 2015/2016 para semeadura da soja em outubro. Na segunda safra de 2016 foi semeado a cultura do milho, que sofreu ação da geada que impediu sua colheita. Sendo assim o manejo da palhada na safra 2016/2017 ocorreu em restos culturais de milho com semeadura da soja em outubro.

Na safra 2014/2015, como foi o início de condução do experimento, utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com dois tratamentos (plantio direto e escarificação) com 18 repetições.

Na safra 2015/2016 foi utilizado o delineamento em blocos no esquema de parcela subdividida com 4 repetições (4 blocos). Assim, nas parcelas foram alocados os manejos da palhada rolo-faca segadora, roçadora, grade destorroadora-niveladora e manejo químico. E nas subparcelas os sistemas plantio direto de mais de 10 anos (PD), escarificação anual (EA) e escarificado de longo prazo (EA1), ou seja, escarificado a um ano (2014).

Na safra 2016/2017 repetiu-se o mesmo delineamento de 2015/2016, nas mesmas parcelas, sendo o escarificado de longo prazo agora com dois anos (2014).

No preparo das parcelas com escarificação utilizou-se na safra 2014/2015 um escarificador de cinco hastes, com ponteira estreita de 0,08 m de largura a 0,35 m de profundidade (tratamento com escarificação). Nas demais safras (2015/2016 e 2016/2017) utilizou-se um escarificador de cinco hastes com disco de corte da palha e rolo destorroador.

Os equipamentos de manejo da palhada utilizados no experimento (Figura 1) foram: um rolo-faca que possui lâminas de corte distribuídas e ângulo de incidência dimensionado para permitir o corte;

triturator equipado com rotor de facas curvas de aço que trabalham em alta rotação; segadora dotada com barra de corte, com 4 rotores laminados, roçadeira dotada com barra de corte, com 4 rotores laminados; grade destorroadora-niveladora, tipo off-set, de arrasto, com 20 discos de 0,51 m de diâmetro (20”) em cada seção, sendo na seção dianteira discos recortados e lisos na traseira, na profundidade de 0,15 m; e manejo químico com pulverizador de 2000 L com pneus 9.5-24, e 14 m de barra.



**Figura 1.** Equipamentos de manejo da palhada e solo. Rolo-Faca (RF); Triturator (TR); Segadora (SG); gradagem (GR); Escarificador (EA). Fonte: os autores.

A semeadura da soja (safra 2014-2015 e 2016/2017) foi com uma semeadora-adubadora do tipo pneumática com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente com espaçamento de 0,45 m entre fileiras. Na safra 2015/2016 a semeadura da soja foi com uma semeadora-adubadora do tipo disco horizontal com haste sulcadora para adubo e disco duplo para semente com espaçamento de 0,45 m entre fileiras. As sementes em todas as safras foram semeadas a 0,05 m de profundidade. A adubação foi efetuada com base em análise de solo prévia da área. Os demais tratos culturais das culturas foram com base nos aspectos agrônômicos de cada safra.

Na safra de 2014/2015 utilizou-se a 16 sementes por metro da BMX Potência RR, em 2015/2016 utilizou-se a 22 sementes por metro da cultivar Coodetec 2620 e em 2016/2017 foi 18 sementes por metro da cultivar Monsoy 6410 (Figura 2).



2014/2015

2015/2016

2016/2017

**Figura 2.** Área experimental nas três safras. Fonte: os autores.

O estande de plantas foi medido em uma marcação de dois metros, delimitada com piquetes, efetuando-se as contagens na fileira central.

Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas, foi utilizado uma fita métrica, com precisão de 0,5 cm, sendo as leituras realizadas na fileira central de cada parcela em dois metros. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT (1984) e Kurachi et al. (1989), considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D):  $< 0,5 \text{ vez o } X_{\text{ref.}}$ , normais" (A):  $0,5 < X_{\text{ref.}} < 1,5$ , e "falhos" (F):  $> 1,5 \text{ o } X_{\text{ref.}}$  (espaçamento de referência).

Os dados foram submetidos a análise de variância, e quando significativa com o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias com o auxílio do software estatístico AgroEstat (Barbosa; Maldonado Júnior, 2015).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os atributos avaliados na parte de planta, pode-se observar (Tabela 1) que o estande de plantas não diferiu estatisticamente para a cultura da soja em 2014/2015. Na safra 2015/2016 o tratamento PD (Tabela 2) apresentou a maior quantidade de plantas por metro. Considerando que o sistema efetua apenas a mobilização do solo na linha de semeadura, verifica-se naturalmente menor incorporação da cobertura vegetal, frente aos outros tratamentos, o que favorece a manutenção da umidade no solo por mais tempo. Na safra 2016/2017 verificou-se maior quantidade de plântulas para o escarificado a dois anos, não diferindo do PD (plantio direto). Assim, verifica-se a duração do efeito da escarificação por apenas um ano quando relacionado ao estabelecimento das culturas da soja.

Ao analisar os sistemas de manejo de palha (Tabela 1) na safra 2015/2016 verifica-se que os tratamentos com RF (Rolo faca) e SG (Segadora) apresentaram menor número de plantas por metro, que pode ser associado a problemas de compactação ou encrostamento superficial. Esta safra pode-se observar efeito significativo da interação manejo de palha e solo, que está apresentado na Tabela 2. Na safra 2016/2017 os sistemas de manejo de palha estudados não se apresentaram diferença quanto ao estande de plantas.

**Tabela 1.** Estande de plântulas em três safras agrícolas. Dourados, MS, Brasil. Fonte: os autores

Fator	Estande (plantas por metro)		
	2014/2015	2015/2016	2016/2017
Manejo de Solo (MS)			
PD	11,66 a	17,41 a	9,17 ab
EA	10,54 a	16,25 b	8,77 b
EA1 e EA2	--	16,18 b	9,40 a
Manejo de Palha (MP)			
RF	--	15,33 b	9,52
TR	--	16,91 a	9,20
SG	--	15,66 b	9,37
GR1	--	16,79 a	8,48
GR2	--	17,62 a	8,90
MQ	--	17,37 a	9,19
Teste F			
M.S.	3,51 ns	32,80 **	5,36**
M.P.	--	16,37 **	0,60 ns
M.S. x M.P.	--	15,53 **	0,54 ns
C.V. – M.S. (%)	13,24	3,56	7,29
C.V. – M.P. (%)	--	4,76	18,05

ns: não significativo ( $p > 0,05$ ); \*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,01$ ); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Escarificado anual (EA); Escarificado à dois anos (EA1 para 15/16 e EA2 para 16/17). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

O coeficiente de variação (CV), conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002), podem ser classificados (Tabela 1) como médio para a safra 2014/2015, baixo para 2015/2016 e de baixo e médio na safra 2016/2017 considerando o manejo de solo e palha, respectivamente. Dessa forma, observa-se que mesmo para experimentos em condições de campo os valores de CV podem ser encontrados dentro de padrões adequados, quando realizados em áreas mais homogêneas e no sistema de blocos ao acaso.



**Tabela 2.** Desdobramento da interação sistemas de manejos de solo x palha para o estande de plantas na safra 2015/2016. Fonte: os autores.

Manejo do solo	Manejo de Palha					
	RF	TR	SG	GR1	GR2	MQ
PD	16,12 aB	17,62 aAB	17,00 aB	17,50 aB	17,00 aB	19,25 aA
EA	16,25 aBC	15,00 bCD	13,75 bD	18,37 aA	17,87 aAB	16,25 bBC
EA1	13,62 bC	18,12 aA	16,25 aB	14,50 bC	18,00 aA	16,62 bAB

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Escarificado anual (EA); Escarificado à um ano (EA1). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

**Tabela 3.** Distribuição longitudinal de plântulas em três safras. Fonte: os autores.

Fator	Distribuição longitudinal (%)								
	Normal			Falho			Duplo		
	14/15	15/16	16/17	14/15	15/16	16/17	14/15	15/16	16/17
MS									
PD	63,46 a	50,62 a	66,98 a	13,09 a	6,41 b	17,73 a	23,43 a	42,96 a	15,28 a
EA	68,27 a	50,55 a	66,15 a	16,56 a	10,23 a	19,36 a	15,15 b	39,21 a	14,48 a
EA1/2	--	50,76 a	66,67 a		9,59 a	16,62 a		39,64 a	16,69 a
MP									
RF	--	49,51 a	64,55 a	--	12,94 a	16,73 a	--	37,54 b	18,70 a
TR	--	51,74 a	65,84 a	--	6,89 c	18,17 a	--	41,36 ab	15,98 ab
SG	--	49,41 a	66,79 a	--	11,99 ab	16,34 a	--	38,58 ab	16,86 ab
GR1	--	54,05 a	69,00 a	--	6,93 c	19,87 a	--	39,01 ab	11,12 b
GR2	--	50,47 a	64,66 a	--	5,95 c	20,16 a	--	43,57 a	15,17 ab
MQ	--	48,68 a	68,76 a	--	7,75 bc	16,15 a	--	43,56 a	15,08 ab
F									
M.S.	3,73 ns	0,002 ns	0,29 ns	0,94 ns	8,23 *	2,76 ns	5,03 *	1,16 ns	3,00 ns
M.P.	--	1,29 ns	0,82 ns	--	7,88 **	0,40 ns	--	3,95 **	2,73 ns
IN	--	5,03 **	1,06 ns	--	6,10 **	1,35 ns	--	7,15 **	0,51 ns
CV1	9,26	21,15	11,19	58,91	39,93	54,31	46,84	22,89	34,13
CV2		11,88	5,79		41,70	22,59		11,21	20,41

Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ns: não significativo ( $p > 0,05$ ); \*: significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*: significativo ( $p < 0,01$ ); CV 1: coeficiente de variação para manejo de solo; CV 2: coeficiente de variação para manejo de palha; Plantio direto (PD); Escarificado anual (EA); Escarificado à um ano (EA1). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ). Manejo de solo (MS); Manejo de Palha (MP); IN: Interação.



Na interação dos sistemas de manejo de solo e palha da safra 2015/2016 (Tabela 2) observa-se que o estande de planta (Tabela 2), teve os maiores valores para as combinações: PD e MQ; EA e GR1; EA1 e TR; EA1 e GR2 quando analisado cada sistema de manejo do solo. O menor valor de estande foi observado na interação dos tratamentos RF e EA1.

Na distribuição longitudinal para plântulas duplas, falhas e normais na safra 14/15, apenas as plantas duplas foram significativas, tendo PD com a maior quantidade de falhas, mostrando que a semeadora-adubadora se adaptou melhor aos solos manejados com escarificador (Tabela 3).

O coeficiente de variação (CV), conforme Pimentel-Gomes e Garcia (2002), podem ser classificados (Tabela 3) de baixo a muito alto. Verifica-se que os dados de falho e duplo, em que não se espera regularidade, ficaram como altos e muito altos ( $> 30\%$ ) para a maioria das parcelas. Já a distribuição normal, apresentou CV médio apenas para a safra 15/16 nas parcelas de manejo de solo.

Na safra 15/16 não houve diferença significativa na distribuição longitudinal para manejo de solo e palha para espaçamentos normais, isso nos indica que a semeadora teve uma eficiência igual em todos os tipos de manejo (Tabela 3). Porém, pode-se notar que para porcentagem de falho, o manejo de solo com PD foi o que apresentou menor valor, provavelmente devido a superfície mais regular do solo. Quanto que para o manejo de palha os tratamentos com menores valores de falho foram triturador (TR), uma operação de gradagem (GR1) e duas operações de gradagem (GR2). Para a porcentagem de espaçamentos duplos na safra 15/16 o menor valor foi com o sistema RF.

Na safra 16/17 os sistemas de manejo do solo não apresentaram diferença significativa para normal, falho e duplo (Tabela 3). No entanto, nos sistemas de manejo da palha, o RF teve a maior quantidade de duplos e o menor foi com o tratamento com uma gradagem. A uniformização da superfície do solo pela passagem da grade pode favorecer a deposição da semente, podendo reduzir a quantidade de duplos.

Os resultados da interação dos sistemas de manejo de solo e da palha para distribuição longitudinal de normal, falho e duplo na safra 15/16 estão apresentados na Tabela 4. Verifica-se que para a porcentagem de normais o PD e o RF teve o menor valor, na EA foi menor para MQ e na EA1 foi menor para SG. Para os sistemas de manejo de palha observa-se efeito apenas no tratamento com RF e MQ, tendo maior valor no EA e PD, respectivamente.

Para porcentagem de falho (Tabela 4) a interação entre EA e RF apresentou a menor quantidade de espaçamento falhos, enquanto que o maior valor foi observado no manejo químico (QM). No PD e no EA1 (Tabela 4) o maior valor de falho ocorreu no tratamento com RF. Para a porcentagem de espaçamentos duplos as interações entre EA e SG; EA1 e GR1 obtiveram menores porcentagens.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação manejo de solo x palha para distribuição longitudinal na safra 2015/2016. Fonte: os autores

Manejo do solo	Manejo de Palha					
	RF	TR	SG	GR1	GR2	MQ
Normal (%)						
PD	41,75 bB	48,88 aAB	48,58 aAB	50,61 aAB	55,93 aA	57,98 aA
EA	59,14 aA	53,13 aA	52,57 aAB	50,99 aAB	47,48 aAB	39,97 bB
EA1	47,63 abB	53,21 aAB	47,08 aB	60,54 aA	47,99 aAB	48,1 abAB
Falho (%)						
PD	14,04 aA	4,30 bB	7,27 bAB	5,16 aB	5,10 aB	2,57 bB
EA	5,45 bC	10,8 aABC	17,19 aA	6,15 aC	7,84 aBC	13,86 aAB
EA1	19,33 aA	5,48 abB	11,50 abB	9,49 aB	4,90 aB	6,81 bB
Duplo (%)						
PD	44,19 aA	46,80 aA	44,13 aA	44,22 aA	38,96 aA	39,44 aA
EA	35,4 abBC	35,98 bBC	30,23 bC	42,84 aAB	44,66 aAB	46,16 aA
EA1	33,02 bBC	41,3 abAB	41,40 aAB	29,96 bC	47,09 aA	45,07 aA

Médias seguidas de letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Plantio direto (PD); Escarificado anual (EA); Escarificado à um ano (EA1). Rolo-Faca (RF); Triturador (TR); Segadora (SG); Uma operação de gradagem (GR1); Duas operações de gradagem (GR2); Manejo químico (MQ).

## CONCLUSÕES

Para o estande de plantas pode-se afirmar que o manejo do solo com sistema sem revolvimento, plantio direto, proporcionou as melhores condições em relação as safras avaliadas. Enquanto que os sistemas de manejo da palha com triturador, grade e manejo químico se apresentaram como os melhores.

Na distribuição longitudinal de plantas pode se afirmar que ocorre pouca ou nenhuma diferença entre o plantio direto e a escarificação. No entanto, quando se utilizou os sistemas de manejo da palha, sistemas com triturador e grade apresentaram a menor quantidade de falhos e sistema com grade a menor quantidade de duplo. Assim, demonstrando que o uso da grade como manejo de palha ainda favorece o a semeadura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS


- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1984). Projeto de norma 04:015.06-004 - semeadoras de precisão: ensaio de laboratório - método de ensaio. São Paulo, ABNT, 26 p.
- Barbosa, J. C.; Maldonado Junior, W. (2015). AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP. 396p
- Cortez, J. W., Bonato, M. D., Martins, M. S., Greiter, J. L. G., Anghinoni, M. (2021a). Soybean establishment and soil penetration resistance under soil tillage systems and sowing speed in two seasons. *Energia Na Agricultura*, 36(3), 324–334.
- Cortez, J. W., Carvalho, I. F. B. D., Nantes, F. P., Jesus, M. P. D., Bilibio, M. J. (2021b). Corn grain yield components according to the soil management system. *Energia Na Agricultura*, 36(4), 464–470.

- Cortez, J. W., Anghinoni, M., Arcoverde, S. N. S. (2020). Seed metering mechanisms and tractor-seeder forward speed on corn agronomic componentes. *Eng. agric. (Online)* 40(1), 61-68. •
- Cortez, J. W., Pusch, M., Silva, R. P. da, Rufino, M. V., Anghinoni, M. (2019). Sistemas de manejo: cobertura e compactação do solo, distribuição longitudinal e rendimento da cultura de soja. *Engenharia Agrícola*, 39(4), 490–497.
- Kurachi, S. A. H., Costa, J. A. S., Bernardi, J. Á., Coelho, J. L. D., Silveira, G. M. (1989). Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento e dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. *Bragantia* 48(2):249 - 262.
- Mialhe, L. G. (1996). Máquinas agrícolas: ensaios; certificação. Piracicaba, Fealq, 722p.
- Pimentel-Gomes, F., Garcia, C. H. (2002). Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba, Fealq, 309p.

## Alevinagem de tilápias nilóticas em sistemas de recirculação aquícola e aquaponia com e sem substrato


Recebido em: 05/05/2023

Aceito em: 08/05/2023

 10.46420/9786581460945cap4

Clarice da Silva Santiago 

Cicero da Silva Rodrigues de Assis 

Lucas Cláudio Barros da Silva 

Bruno Araújo dos Santos 

Tárcio Gomes da Silva 

Emanuel Soares dos Santos 

### INTRODUÇÃO

A produção de organismos em cativeiro tem aumentado significativamente em todo mundo e para que haja uma continuidade no crescimento da produção, o desenvolvimento de novas tecnologias que utilizem menos espaço e produzam o mínimo de impactos ambientais é essencial (Jones et al., 2002). A aquicultura é considerada uma das melhores alternativas para atender essas problemáticas (Kubitza, 2000), apesar disso, também pode causar alguns impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos (Zelaya et al., 2001).

Um dos sistemas mais promissores para diminuir ainda mais esses impactos é o sistema recirculação de água (RAS, da sigla em inglês), o qual consiste em um sistema fechado onde a água passa pela unidade de cultivo e posteriormente por um filtro, o qual tem como função purificar a água que circula constantemente removendo os resíduos orgânicos, como restos de ração, fezes e folhas (Eding et al., 2006).

A aquaponia surge como uma alternativa de cultivo sustentável acessível aos pequenos e grandes produtores, resultando em menor impacto ambiental (Carneiro et al., 2015a). O sistema aquapônico é um sistema fechado onde se produz organismos aquáticos e vegetais terrestres sem utilização de solo e ainda reduz consideravelmente o lançamento de efluentes no meio ambiente, diminuindo a contaminação do solo e da água. Permite ainda o reaproveitamento do efluente gerado pela aquicultura por meio da recirculação e manutenção do sistema hidropônico (Hundley et al., 2013).

Entre as técnicas possíveis de serem utilizadas na aquaponia está a conhecida como Técnica do Filme de Nutriente (NFT, da sigla em inglês), a qual é originalmente um método hidropônico, sem utilização de substrato, formado por bancadas com tubos PVC (Policloreto de Vinila), onde a solução rica em nutrientes circula por fluxo laminar e embebe parcialmente as raízes das plantas levando os nutrientes essenciais para o seu desenvolvimento (Somerville et al., 2014). Nesta técnica o volume de água e a área de cultivo são relativamente menores que em outros modelos, podendo a área ser otimizada

por meio do uso na forma vertical ou em forma de cascata (Rakocy, Masser & Losordo, 2006). Este sistema é o mais indicado para o cultivo de folhosas pela praticidade na colheita e na comercialização (Carneiro et al., 2015b).

Entre os organismos mais cultivados na aquaponia está a tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, que faz parte do grupo de peixes que mais cresce no modelo de produção em cativeiro e tolera condições ambientais adversas, sendo resistente a doenças (Zimmermann, 1999); e a alface *Lactuca sativa* que é a folhosa mais importante no mundo e é cultivada em maior escala pelo sistema hidropônico NFT, isso se deve à fácil adaptação ao sistema, alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo em solo (Cermeño, 1990).

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho dos alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da linhagem chitralada utilizando sistemas de recirculação aquícola (RAS) e sistema de aquaponia com e sem substrato cultivando alface (*Lactuca sativa*).

## REFERENCIAL TEÓRICO

### *Aquicultura*

A produção de organismos em cativeiro tem aumentado significativamente em todo mundo. Não obstante, para que haja uma continuidade no crescimento da produção, o desenvolvimento de novas tecnologias que utilizem menos espaço e produzam o mínimo de impactos ambientais é essencial (Arana, 2004).

A aquicultura vem sendo considerada como uma das melhores alternativas para diminuir a utilização do espaço sem detrimento da produtividade, pois minimiza o desmatamento, conserva os recursos hídricos e contribui com um aumento localizado na produção pesqueira dos parques aquícolas (Kubitza, 2000). Além disso, é uma saída para a pressão da pesca sobre os estoques pesqueiros naturais (Rotta & Queiroz, 2003). A aquicultura tem um potencial enorme para aumentar o desenvolvimento econômico e social de uma região específica, gerando empregos e renda na qual aproveita ao máximo os recursos hídricos locais e aumenta a disponibilidade de proteína (ANA, 2005).

Existem diferentes técnicas para os cultivos na aquicultura: cultivo estático, sistemas de recirculação de água, cultivos em cercados ou gaiolas, além de derivação de águas lóxicas (Arana, 2004). E, apesar da aquicultura ser uma boa alternativa para a continuidade da produção de alimento e minimizar os impactos causados por outros modelos de produção, ela também pode causar alguns impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos (Zelaya et al., 2001).

Entre os sistemas de cultivo possíveis, um dos mais promissores para a redução desses impactos ambientais é o sistema recirculação de água (RAS) que se baseia na alta troca de água, permitindo de uma a vinte trocas totais por hora, sem diminuir a qualidade da água e a produção por área (Kubitza, 2000).

No RAS o fluxo da água inicia-se com o bombeamento do recipiente de retorno (*sump*) para o tanque de cultivo, a partir deste ponto o fluxo ocorre por gravidade para o decantador e em seguida para

o filtro biológico até chegar novamente ao *sump*. Como o metabolismo bacteriano requer oxigênio, é necessário que o ar seja fornecido para o biofilme. Dessa forma, a medida que a água passa pelo filtro, vai sendo continuamente oxigenada, enquanto o dióxido de carbono vai sendo removido (Eding et al., 2006).

### ***Sistema de aquaponia***

A aquaponia é uma forma de policultivo que consiste na integração do cultivo de plantas sem uso de solo (hidroponia), com a criação de organismos aquáticos (aquicultura), onde o efluente proveniente da aquicultura é utilizada pelas plantas, após serem transformados em nutrientes melhor assimiláveis, por meio de um processo de simbiose pela ação de bactérias, aumentando a diversidade e estabilidade do sistema (Blidariu & Grozea, 2011; Carneiro et al., 2015a). Esse processo utiliza pouca água, constituindo uma produção sustentável de alimentos com otimização dos espaços e recursos naturais e podendo contribuir de forma significativa para a economia local (Blidariu et al., 2011; Hundley et al., 2013; Carneiro et al., 2015b).

Um sistema de aquaponia é composto por três componentes principais: tanques criatórios de peixes, filtros biológicos e o componente hidropônico; estas partes são ligadas em um sistema de recirculação, onde a água ao sair dos tanques passa pelos filtros biológicos, onde ocorre uma transformação dos resíduos gerados pela ração ofertada para os peixes em nutrientes para o componente hidropônico, finalmente a água retorna para os tanques de peixes em um ciclo fechado (Carneiro et al., 2015a; Canastra, 2017).

A aquaponia surge como uma alternativa acessível aos pequenos e grandes produtores de cultivo sustentável com produção de alimentos orgânicos, resultando em menor impacto ambiental (Carneiro et al., 2015a). Esse sistema de cultivo consegue atender os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) definidos pelas Nações Unidas e compõem uma agenda global, adotada em setembro de 2015, totalizando 17 objetivos e 169 metas a serem atingidas até 2030 (UNESCO, 2015).

Segundo Carneiro et al. (2015b) existem três modelos de produção comumente utilizados nos sistemas de aquaponia, são eles: sistema de produção com técnica de fluxo laminar de nutrientes (*Nutrient Film Technique*, NFT), sistema de produção em placas flutuantes (*Floating Raft System*, SPPF) e sistema de produção com substrato (*Media Filled Growbed*, SPS).

### ***Organismos cultivados na aquaponia***

Considerando o ponto de vista econômico, as tilápias são o grupo de peixes que mais cresce no modelo de produção em cativeiro e os peixes exóticos de maior êxito na piscicultura mundial com produção mundial de 486.155 toneladas (Castillo-Campo, 1995; FAO, 2020). A espécie ocupa a posição de número dois no ranking de espécies mais cultivadas no mundo, sendo a mais produzida no Brasil,

apresentando um crescimento de 223% em 10 anos devido aos incentivos e investimentos em modernização e à intensificação da produção tanto em tanques-rede em reservatórios, como nos viveiros escavados (Oliveira et al., 2007; EMBRAPA, 2017).

A tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* é nativa da África, do Vale Jordan e da costa do Rio Palestina, esta espécie tem rápido crescimento, alta fecundidade e fácil manejo, apresentando o valor de conversão alimentar aparente recomendado, alta produtividade e excelente desempenho reprodutivo (Philippart & Ruwet, 1982; Guerrero, 1982; Kubitza, 2000). Está distribuída em águas cálidas subtropicais e tem faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento entre 27°C e 32°C. Se destaca entre as demais espécies cultivadas por tolerar condições ambientais adversas, como baixo oxigênio dissolvido (OD) (1,0 mg.L<sup>-1</sup>), altos níveis de amônia (2,4 a 3,4 mg.L<sup>-1</sup> de amônia não ionizada) e pH (5,0 a 11,0) (Kubitza, 2000; Espejo & Torres, 2001; Watanabe et al., 2002). Além disso, é resistente a doenças, apresenta excelente desempenho de crescimento, possui amplo espectro alimentar, tem técnica de reprodução dominada, carne de coloração branca e sabor suave (Zimmermann, 1999).

Quanto ao manejo, a fase de alevinagem é uma das mais críticas, pois os peixes estão sujeitos a ataques de predadores. É importante que o manejo proceda de forma correta e adequada, pois contribui para o bom desempenho na fase de engorda (EMBRAPA, 2017). O objetivo desta etapa é garantir a maior sobrevivência dos animais, pois chegarão à fase de engorda maiores e conseqüentemente mais fortes e resistentes (Proença & Bittencourt, 1994).

A alface *Lactuca sativa* é a folhosa mais importante no mundo e é explorada em todo o território nacional, seja em sistemas hidropônicos ou em cultivos no solo, sendo a principal cultura utilizada em hidroponia no Brasil (Soares, 2002). É consumida largamente em todas as regiões do país e principalmente para consumo fresco em saladas, é muito produzida especialmente onde é praticada a agricultura familiar (Carvalho et al., 2015; Soares et al., 2015). Além de serem ricas em fosfato e possuírem uma quantidade útil de betacaroteno, de vitamina C, potássio e compostos orgânicos, como os flavonóides e lactucina, apresentam o menor índice de exigência nutricional em sistemas de aquaponia (Silva et al., 2011).

É cultivada em maior escala pelo sistema hidropônico NFT, isso se deve à fácil adaptação ao sistema, alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo em solo (Ohse et al., 2001). Para o crescimento das plantas, em hidropônia, usa-se uma solução nutritiva fertilizante que fornece nutrientes essenciais (e.g., nitrito, nitrato e amônia). Já na aquaponia os nutrientes necessários estão na água ofertada pela ração para os peixes (Goddek et al., 2015).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado no Núcleo de Estudo em Segurança Alimentar e Nutricional (NESAN-Aquaponia) localizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE campus Aracati–CE, Brasil. O NESAN–Aquaponia é composto por uma estufa, que ocupa uma área de 60 m<sup>2</sup>,



sendo revestida por tela sombrite com 50% de retenção de luminosidade e filme plástico agrícola em sua cobertura; em uma área adjacente que ocupa ao todo aproximadamente 120 m<sup>2</sup>. Na Figura 1 apresenta-se o Núcleo de Estudo em Segurança Alimentar e Nutricional (NESAN-Aquaponia).



**Figura 1.** Núcleo de Estudo em Segurança Alimentar e Nutricional (NESAN-Aquaponia). Fonte: Acervo dos autores.

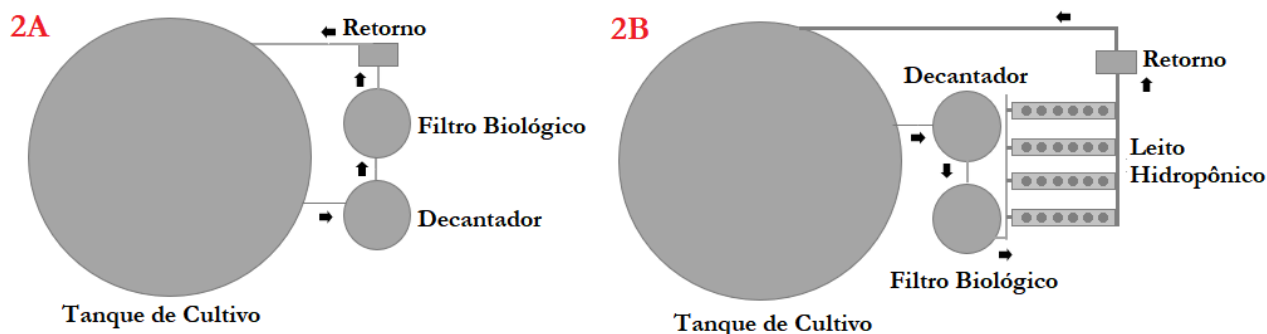
O experimento foi constituído por dois tratamentos: sistemas de recirculação (RAS) e aquaponia; com cinco repetições (2x5), no qual foram estocadas igualmente em cada sistema tilápias nilóticas (*Oreochromis niloticus*) na densidade de 100 peixes m<sup>-3</sup> e peso médio de 1,34 g ( $\pm 0,71$  g).

Para o RAS foram utilizados tanques de polietileno com volume de 1.000 litros interligado a um decantador de 60 litros, para a sedimentação dos sólidos provenientes de fezes e restos de ração não consumidos, e um biofiltro aerado de 60 litros contendo argila expandida, na proporção de 50% do volume do filtro, como meio de fixação bacteriana. Foi instalada no ponto mais baixo do sistema uma bomba elétrica com potência de 50 Watts e vazão de 2.000 L h<sup>-1</sup> em um recipiente de retorno para recirculação da água.

O sistema de aquaponia segue o mesmo modelo do RAS com a adição de um leito de cultivo hidropônico misto que possui dimensão de 1,0 m<sup>2</sup> e é composto por quatro canaletas de cultivo confeccionadas com canos de PVC de 100 mm; duas delas canaletas funcionam como NFT, outras duas continham substrato de argila expandida desta forma havia fluxo subsuperficial da água. Os leitos de cultivo NFT foram chamados de “sem substrato” e os leitos de fluxo subsuperficial de “com substrato”.

Cada canaleta suportava a estocagem de 06 alfaces (*Lactuca sativa*) com um distanciando entre elas de 30 cm, totalizando 24 plantas por leito hidropônico misto. Apesar do fluxo da água ser igual para os sistemas dos dois tratamentos, no sistema de aquaponia a água após sair do filtro biológico é distribuída por tubulações de PVC para as canaletas no leito hidropônico, em seguida desce por gravidade até chegar ao recipiente de retorno da água para o tanque de cultivo. Na Figura 2A é possível observar o esquema

ilustrativo do tratamento RAS e na Figura 2B o do tratamento Aquaponia, conforme utilizado na pesquisa.



**Figura 2.** Esquema ilustrativo do sistema RAS (A) e de aquaponia (B), conforme utilizado na pesquisa. Fonte: Acervo dos autores.

Os sistemas foram abastecidos com água do sistema de abastecimento público após decoloração por um período de 24 horas com aeração vigorosa. A aeração foi realizada 24 h por dia por dois sopradores elétricos onde cada um atendia cinco sistemas e tinha potência de 275 W. O ar era distribuído para os sistemas por meio de cano PVC de 25 mm e a difusão do ar era feita por meio de mangueiras porosas de 25 cm. Foram instaladas duas mangueiras difusoras em cada tanque e em cada filtro biológico.

Foi utilizada ração comercial extrusada com 35% de proteína bruta, 10% de umidade, 3,5% de fibra, 6,0% de extrato etéreo e 500 mg de vitamina C por kg, com grânulos de 3,0 mm (informações do fabricante). Nos primeiros dias esta foi triturada mecanicamente para possibilitar a ingestão adequada dos alevinos e posteriormente na sua forma comercial original, sendo fornecida igualmente nos dois tratamentos experimentais.

Durante os primeiros 07 dias a ração foi ofertada considerando a taxa de arraçoamento de 15% da biomassa estocada; do 15º ao 28º dia a taxa foi 14% da biomassa, do 29º ao 35º dia foi 12% da biomassa estocada, do 36º ao 42º dia foi 10% da biomassa estocada, do 43º ao 52º dia foi 8,5% da biomassa estocada sendo calculadas as quantidades a partir dos dados obtidos nas biometrias.

Durante o experimento foram acompanhados os seguintes indicadores de qualidade de água: diariamente o oxigênio dissolvido (OD), temperatura (°C), pH, condutividade elétrica (CE) e sólidos totais dissolvidos (STD) utilizando sonda multiparâmetro (HANNA HI 9829) para as medições in loco.

O experimento teve duração de 52 dias, período em que foram realizadas quatro biometrias para acompanhar o desempenho zootécnico das tilápias. No primeiro dia, ao realizar a estocagem dos animais nas caixas destinadas ao experimento, foi realizada a primeira biometria medindo e pesando todos os peixes. As demais biometrias foram realizadas através de amostragem, sendo retirados 30 peixes por tanque (30% do estoque). Para garantir o bem-estar dos peixes foi realizada a insensibilização com óleo de cravo (eugenol) na concentração de 150 mg L<sup>-1</sup> por banho de imersão, facilitando a pesagem dos

animais em balança digital (BEL MARK S3201). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA-IFCE) protocolada com o nº 7583141117.

Já o cultivo das alfaces teve duração de 39 dias, onde após 13 dias do início do cultivo dos peixes, foram implantadas nos sistemas aquapônicos as plântulas com altura média 4,5 cm ( $\pm 1,3$  cm) e com 1,7 folhas ( $\pm 0,5$ ); ao final do cultivo foi realizada a biometria para acompanhar o desenvolvimento agrônomo, sendo realizada avaliação estatística para comparar o desempenho das plantas cultivadas nos leitos de aquaponia com e sem substrato. Cada planta foi pesada separadamente com a raiz, sem a raiz e apenas as folhas para a obtenção do peso médio (g), biomassa final (g) e sobrevivência (%). As alfaces oriundas do projeto foram doadas a alunos e servidores do IFCE campus Aracati.

Para realização da estatística dos indicadores de qualidade de água, do desempenho zootécnico e dos resultados agrônômicos foi realizado o teste t de Student utilizando o programa BIOESTAT 5.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Qualidade de água*

Todos os indicadores de qualidade de água ficaram dentro das faixas ótimas sugeridas por Boyd e Queiroz (2004) para o cultivo de peixes, o que também é encontrado para outros estudos realizados com tilápias em cultivos com RAS (Marengoni et al., 2010; Santos et al., 2021). Nenhum dos indicadores monitorados apresentou diferença estatisticamente significativa (teste-t:  $p > 0,05$ ) (Tabela 1). Isso indica que os cultivos não diferem em qualidade, possuindo resultados semelhantes para os dois tratamentos testados em relação aos indicadores de qualidade de água.

**Tabela 1.** Indicadores de qualidade de água. Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Indicadores de Qualidade de Água	RAS	Aquaponia
Temperatura (°C)	27,94 $\pm$ 0,23	27,96 $\pm$ 0,15
Oxigênio Dissolvido (mg L <sup>-1</sup> )	6,80 $\pm$ 0,58	7,23 $\pm$ 0,17
pH	7,9 $\pm$ 0,1	8,0 $\pm$ 0,0
Condutividade Elétrica ( $\mu$ S cm <sup>-1</sup> )	1100,08 $\pm$ 359,55	1074,53 $\pm$ 123,68
Sólidos Totais Dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	584,12 $\pm$ 178,95	537,35 $\pm$ 61,93

Nenhum indicador apresentou diferença estatisticamente significativa nos tratamentos (teste-t:  $p > 0,05$ ). RAS: Sistema de Recirculação Aquícola.

Os valores de temperatura e oxigênio dissolvido obtidos na presente foram semelhantes aos observados por Santos et al. (2020). Apesar da temperatura ser um fator determinante no crescimento dos peixes e plantas (Hundley, 2013) valores mais altos de temperatura, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica nos sistemas de aquaponia parecem ser um padrão quando comparado aos valores

observados em outros tipos de sistemas de cultivo (El-Sayed & Kawanna, 2008; Marengoni et al., 2010; Santos et al., 2020).

Apesar do pH não demonstrar diferença para o cultivo de aquaponia, a condutividade elétrica pode ser diferente dependendo da planta utilizada no sistema (e.g., manjeriçã, manjerona) (Hundley, 2013).

### *Desempenho zootécnico*

Segundo Santos et al. (2021) o modelo de cultivo RAS apresenta melhor desempenho zootécnico do que outros sistemas de cultivo (e.g., com e sem renovação de água). Apesar disso, no presente estudo não foi encontrado diferença no desempenho das tilápias entre os tratamentos (teste-t:  $p > 0,05$ ) (Tabela 2).

**Tabela 2.** Desempenho zootécnico das tilápias cultivadas em RAS e aquaponia. Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Indicadores zootécnicos	RAS	Aquaponia
Peso médio final (g)	19,40 ± 1,92	20,51 ± 1,02
Ganho de Peso (g)	18,06 ± 1,92	19,17 ± 1,02
Ganho de Peso Diário (g dia <sup>-1</sup> )	0,35 ± 0,04	0,37 ± 0,02
Biomassa final (g m <sup>-1</sup> )	1862,05 ± 184,42	1968,82 ± 97,84
Sobrevivência (%)	100	100

Nenhum indicador apresentou diferença estatisticamente significativa nos tratamentos (teste-t:  $p > 0,05$ ).

No entanto, podemos observar valores maiores de desempenho zootécnico para as tilápias cultivadas em aquaponia, o que corrobora com outros estudos que encontraram a aquaponia como alternativa promissora, estável e um meio sustentável para aproveitamento tanto animal como vegetal (Blidariu et al., 2011). Os valores mais altos para alguns indicadores zootécnicos podem ter ocorrido pela adição dos compostos que são convertidos pelas plantas em forma de nutrientes para os peixes (Carneiro et al., 2015a).

O período utilizado pelo experimento foi de curta duração e como foi observado maiores valores (apesar de não serem estatisticamente significativas) para o sistema de aquaponia, talvez com maior tempo de cultivo poderia ser visualizado maior diferença e possível significância estatística na comparação com o RAS (Barbosa. Moura & Santos., 2009). Outro fator que pode influenciar no desempenho zootécnico é a densidade de estocagem, na qual é observado que em uma menor densidade de peixes pode haver mais eficiência do cultivo (Hundley, 2013).

**Desempenho agrônômico**

Apesar dos sistemas de aquaponia não serem diferentes dentro deste mesmo tratamento, foi encontrado diferença estatística quando comparado o peso médio final das plantas nos leitos com substrato e sem substrato (teste-t:  $p < 0,05$ ) (Tabela 3). Isso pode ter ocorrido devido à funcionalidade nos tratamentos em questão, onde o NFT pode possibilitar uma menor circulação já que cobre parcialmente as raízes das plantas (Somerville et al., 2014). Além disso, esse sistema utiliza menor volume de água e área do que em outros sistemas por utilizarem apenas nível de fluxo laminar, o que pode ter influenciado no crescimento e peso das plantas (Rakocy, Masser & Losordo, 2006).

**Tabela 3.** Desempenho agrônômico das alfaces cultivadas no sistema de aquaponia. Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Indicadores Agrônômicos	Com substrato	Sem substrato
Peso médio final (g)*	59,8 ± 43,7	23,6 ± 18,6
Biomassa por tipo aquaponia (g)	3528,48	1228,84
Biomassa total (g)	4757,32	
Sobrevivência por tipo de aquaponia (%) <sup>NS</sup>	98,3 ± 3,7	86,7 ± 15,1
Sobrevivência total (%)	92,5 ± 8,6	

Dados expressos em \* apresentaram diferença significativa (teste-t:  $p > 0,05$ ); Dados expressos em NS não apresentaram diferença significativa (teste-t:  $p > 0,05$ ). Sem marcação não foi realizado teste estatístico.

Além disso, a biomassa, que é o somatório dos pesos das plantas, foi maior para as aquelas cultivadas com substrato, o que corrobora com a hipótese de que o sistema com fluxo subsuperficial (com substrato) é mais vantajoso para o crescimento das alfaces.

As plantas obtiveram sobrevivência média de 92,5%, totalizando 111 plantas ao final do cultivo. A mortalidade das plantas pode ser explicada por problemas metodológicos e estruturais, como condições ambientais dentro da estufa e falhas ocasionais no funcionamento dos sistemas, comprometendo a circulação de água nas unidades de cultivo, o que afeta o desenvolvimento dos organismos cultivados.

**CONCLUSÃO**

É possível concluir que tanto o sistema de recirculação (RAS) como a aquaponia promoveram condição ambiental adequada para o bom desenvolvimento dos peixes cultivados, porém ao considerar que ao realizar a aquaponia é aumentada consideravelmente a produção de alimento por meio da biomassa vegetal, este sistema torna-se mais indicado ao se comparar com o RAS, o qual produz apenas a biomassa dos peixes. Complementarmente, ao avaliar o desempenho dos vegetais nos leitos

aquapônicos observou-se que aqueles que usaram substrato mostraram um melhor resultado em detrimento aqueles que não usaram substrato.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas – ANA (2005). Aquicultura e pesca: situação atual. Brasília. Disponível em: [https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/NovasAquisicoes\\_Jul2005.asp](https://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/NovasAquisicoes_Jul2005.asp) Acesso: 25 de julho de 2022
- Arana, L.V. (2004). Fundamentos de aquicultura. Florianópolis: UFSC, 349p.
- Barbosa, A. C. A., Moura, E. V. D. & Santos, R. V. D. (2009). Cultivo de tilápia em gaiolas. EMPARN. 27 p. 2009.
- Blidariu, F., & Grozea, A. (2011). Aumentando a eficiência econômica e a sustentabilidade da piscicultura interna por meio da revisão da aquaponia. *Ciência animal e biotecnologias*, 44 (2), 1-8.
- Boyd, C. E., & Queiroz, J. D. (2004). Manejo das condições do sedimento do fundo e da qualidade da água e dos efluentes de viveiros. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 25-43.
- Canastra, I. I. (2017). Aquaponia: Construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático.
- Carneiro, P. C. F., Maria, A. N., Nunes, M. U. C., & Fujimoto, R. Y. (2015b). Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Capítulo em livro técnico-científico (ALICE).
- Carneiro, P. C. F., Morais, C. A. R. S., Nunes, M. U. C., Maria, A. N., & Fujimoto, R. Y. (2015a). Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 27p.
- Carvalho, RO, Machado, MB, Scherer, VS, Fuentes, GC, da Luz, CAS, & da Luz, MLGS (2015). Produção de alface hidropônica e alface minimamente processada. *Engenharia Agrícola Internacional: CIGR Journal*.
- Castillo-Campo, L. F. (1995). História genética e hibridação da tilápia roja. San Tander: Ideal, 1995. 236p.
- Cermeño, Z.S. (1990). Estufas – instalações e manejo. Lisboa. Litexa Editora, Ltda. 355 p.
- Eding, EH, Kamstra, A., Verreth, JAJ, Huisman, EA e Klapwijk, A. (2006). Design and operation of nitrifying trickling filters in recirculating aquaculture: A review. *Aquacultural Engineering*, Wageningen, 34 (3), 234-260,. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.007>
- El-Sayed, A.F.M. & Kawanna, M. (2008). Optimum water temperature boosts the growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquac. Res.*, 39: 670-672. [10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01915.x)
- EMBRAPA. Produção de tilápia no Brasil cresce 223% em dez anos. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/21621836/producao-de-tilapia-no-brasil-cresce-223-em-dez->






- Rotta, M.A. & Queiroz, J.F. (2003). Boas Práticas de Manejo (BPM's) na produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: EMBRAPA Pantanal.
- Santos, H. K., da Silva Dias, P., Balen, R. E., Zadinelo, I. V., Bombardelli, R. A., & Meurer, F. (2021). Crescimento e biologia de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) em um sistema de criação em recirculação de água. *Brazilian Journal of Development*, 7(3), 32827-32848. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n3-821>
- Silva, E. M. N., Ferreira, R. L. F., Araújo Neto, S. E. D., Tavella, L. B., & Solino, A. J. (2011). Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. *Horticultura brasileira*, 29, 242-245. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000200019>
- Soares, H. R., Silva, Ê. F. D. F., Silva, G. F. D., Pedrosa, E. M., Rolim, M. M., & Santos, A. N. (2015). Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19, 636-642. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p636-642>
- Soares, I. (2002). Alface: cultivo hidropônico. Fortaleza: Editora UFC.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming. *FAO Fisheries and aquaculture technical paper*, (589), I.
- UNESCO. Transformando Nosso Mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Porto: Edições Asa. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf> Acesso em: 15 de julho de 2022.
- Watanabe, W. O., Losordo, T. M., Fitzsimmons, K., & Hanley, F. (2002). Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Reviews in fisheries science*, 10(3-4), 465-498. <https://doi.org/10.1080/20026491051758>
- Zelaya, O., Boyd, C. E., Teichert-Coddington, D. R., & Green, B. W. (2001). Effects Of Water Recirculation On Water Quality and Bottom Soil In Aquaculture Ponds. *Ninth Work Plan, Effluents and Pollution Research*, 4, 97-99.
- Zimmermann, S. (1999). Incubação artificial: técnica permite a produção de tilápias do Nilo geneticamente superiores. *Panorama da Aquicultura*, 9(54), 15-21.

# Espaçamento e adubação nitrogenada no rendimento do milho consorciado com feijão-guandu

Recebido em: 07/05/2023

Aceito em: 11/05/2023


 10.46420/9786581460945cap5

Marcos Renan Lima Leite 


Romário Martins Costa 


Sâmia dos Santos Matos 

Luisa Julieth Parra-Serrano 

Rayssa Carolinne Mouzinho de Souza 

Maria de Fátima Marques Pires 

Samuel Ferreira Pontes 

Janderson Moura da Silva 

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é o grão mais produzido no mundo, sendo os maiores produtores mundiais os Estados Unidos, a China e o Brasil. Essa cultura possui grande importância socioeconômica (Amis, 2019), apresentando múltiplas utilizações, seja na alimentação humana, animal e como matéria prima para produção de biocombustíveis (Thompson, 2012). É uma cultura adaptada ao clima tropical e possui alta exigência nutricional, principalmente de nitrogênio (Lyra et al., 2014, Sangoi et al., 2015). O milho pode ser cultivado em sucessão, rotação e consórcio com outras gramíneas e leguminosas (Mhango et al., 2017, Pereira et al., 2017, Collier et al., 2018).

Devido à maior exigência de nitrogênio pelas gramíneas, o consórcio gramínea-leguminosa torna-se um sistema de produção interessante, já que as leguminosas são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico, dada sua associação com bactérias diazotróficas (Costa et al., 2021). Além disso, esse tipo de sistema apresenta algumas vantagens em relação ao monocultivo, como a maior estabilidade da produção e da produtividade por área, redução de pragas e estímulo da biodiversidade (Jensen et al., 2020). Em sistemas consorciados é imprescindível a utilização eficiente do nitrogênio visando atender à necessidade das culturas agrícolas e preservar a qualidade ambiental (Costa et al., 2021, Ochire-Boadu et al., 2020).

A alta capacidade de fixação biológica de nitrogênio tem influência sobre a disponibilidade de nitrogênio no solo e transferência de nutrientes para a cultura não leguminosa consorciada (Thilakarathna et al., 2016). O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.), é uma leguminosa, capaz de fixar uma quantidade expressiva de nitrogênio, elevando a concentração desse macronutriente no solo, além de aumentar a biomassa microbiana e o rendimento da cultura subsequente (Ochire-Boadu et al., 2020).

Em pequenas propriedades rurais dispõe-se de pouca área para o cultivo de plantas e a criação de animais, demandando o bom aproveitamento da área disponível (Azevedo et al., 2009). O cultivo

consorciado de milho-guandu é uma boa alternativa para essas propriedades, sendo o milho uma fonte de energia e o guandu uma fonte de proteína para suprir a demanda nutricional dos animais (Oliveira et al., 2015, Guimarães et al., 2017). Adicionalmente, o feijão-guandu quando cultivado em consórcio, proporciona expressivo aumento na produtividade do milho, seja ele forrageiro ou granífero (Guimarães et al., 2017, Collier et al., 2018).

Pesquisas mostram que a produtividade do milho varia com o espaçamento entre linhas utilizado (Carvalho et al., 2015, Testa et al., 2016). Carvalho et al. (2015) relatam maior produtividade com o espaçamento de 0,60 m entre linhas, outros autores verificaram maiores rendimentos do milho quando utilizados espaçamento de 0,50 m (Testa et al., 2016) e 0,45 m (Lana et al., 2014) sob diferentes densidades de plantio. O aumento do rendimento do milho com a redução do espaçamento é atribuído à melhor distribuição espacial das plantas por área de cultivo (Buso et al., 2016).

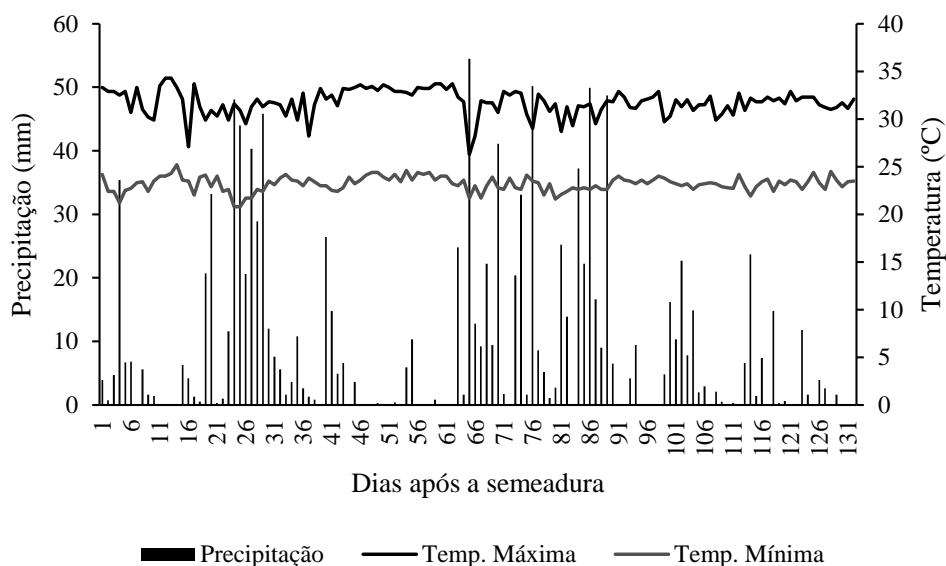
Pouco se sabe a respeito do espaçamento adequado entre fileiras de milho quando é cultivado em consórcio com o feijão-guandu e quanto ao uso da adubação nitrogenada nesse sistema. Diante disso, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produtividade do milho consorciado com feijão-guandu, na presença e ausência de adubação nitrogenada, sob diferentes espaçamentos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em condições de campo entre os meses de janeiro a maio de 2018 na área experimental do Centro de Ciências de Chapadinha (CCCh) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), no município de Chapadinha – MA, cujas coordenadas são: 3°44'12.62"S e 43°19'03.51"O, com 105 m de altitude. O clima da região é caracterizado como equatorial semi-úmido, com precipitação média de 2100 mm ano<sup>-1</sup>, possuindo uma estação chuvosa que se estende de janeiro a junho e uma estação seca de julho a dezembro (Moura-Silva, Aguiar, Moura & Jorge, 2016), com temperatura média anual de 27°C (INMET, 2018). Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura do período de condução do experimento estão dispostos na Figura 1.

O solo é classificado como Latossolo Amarelo distrófico – LAd (SANTOS et al., 2013), de textura franco arenosa, apresentando as seguintes características químicas na profundidade 0-20 cm: M.O. = 15,2 g kg<sup>-1</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,1; P = 3,1 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,09 cmol dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 0,44 cmol dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,29 cmol dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup> = 3,20 cmol dm<sup>-3</sup>; CTC = 4,01 cmol dm<sup>-3</sup>; V = 20,4%.

Antes da implantação do experimento, foi realizado o preparo do solo com uma aração e uma gradagem. Também foi realizada a correção do solo com a aplicação a lanço de calcário dolomítico (PRNT = 99%), para elevação da saturação por bases (V%) para 60%, de acordo com a recomendação de Ribeiro et al. (1999).



**Figura 1.** Precipitação pluviométrica e temperatura diária durante a condução do experimento, Chapadinha-MA, 2018. Fonte: INMET (2021).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x2x3, composto por 2 tipos de consórcio, 2 tipos de adubações e 3 espaçamentos, totalizando 12 tratamentos, com 5 repetições. Os consórcios foram constituídos entre o milho (*Zea mays* L.) variedade BRS 5037 cruzeta (de ciclo precoce) com o feijão-gandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) cv. Fava Larga (de ciclo semi-perene), além do cultivo solteiro do milho (controle). As adubações constituíram-se na presença e ausência de nitrogênio (N), mantendo os demais elementos (P e K) constantes. Enquanto que os espaçamentos utilizados foram: 0,5; 0,7; e 0,9 m entre fileiras de milho. As parcelas experimentais eram constituídas de 5 fileiras, cada uma com 10 m de comprimento, utilizando como área útil as 3 fileiras centrais.

A semeadura foi realizada manualmente utilizando-se 10 sementes por metro linear para o milho, com duas sementes por cova, sendo realizado o desbaste aos 15 dias após a semeadura (DAS), deixando-se apenas a planta mais vigorosa de cada cova. O feijão-gandu foi semeado para obtenção de uma densidade de 10 plantas por metro linear. O experimento foi instalado na época das águas, descartando a utilização de irrigação.

A adubação mineral da cultura principal foi realizada em duas aplicações, a primeira no plantio utilizando-se 15 kg de N ha<sup>-1</sup>, 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> e 25 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. A segunda aplicação correspondente à adubação de cobertura foi realizada quando as plantas apresentavam 8 folhas definitivas (46 dias após a semeadura), aplicaram-se 60 kg de N ha<sup>-1</sup> e 25 kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, de acordo com as recomendações de Ribeiro et al. (1999). Os adubos utilizados foram na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio.

Durante a condução do experimento efetuou-se a eliminação de plantas daninhas através de uma capina manual. Para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) foi necessária a aplicação manual de extrato aquoso de nim indiano (*Azadirachta indica* A. Juss).

A colheita das espigas foi realizada aos 100 DAS, sendo que para a determinação dos componentes de produção foram coletadas espigas de 10 plantas de cada uma das 3 fileiras da área útil, no centro da parcela. As variáveis avaliadas foram: comprimento das espigas despalhadas, massa das espigas despalhadas, número de espigas por planta, número de fileiras por espiga, grãos por fileira, diâmetro das espigas, massa de 100 grãos, sendo também determinada a produtividade de grãos secos (13% de umidade).

O teor de umidade dos grãos foi determinado através do método da estufa, posteriormente corrigiu-se a umidade para 13% e estimou-se a produtividade por hectare (em kg ha<sup>-1</sup>). O índice de eficiência produtiva do milho foi estimado utilizando a relação entre o rendimento do milho consorciado e o milho em monocultivo de acordo com Carvalho et al. (2016). Contudo, para os fatores adubação e espaçamento levou-se em consideração apenas os resultados dos sistemas consorciados, na presença e ausência de adubação nitrogenada.

Aos 130 DAS, coletaram-se 10 plantas de feijão-guandu de cada parcela (cortadas a 40 cm do solo) e avaliou-se o rendimento de massa fresca e seca da parte aérea (em t ha<sup>-1</sup>). Para obtenção da massa seca, as amostras foram levadas a uma estufa de circulação forçada de ar a 60 °C durante 72 horas, em seguida pesadas em balança de precisão.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk modificado. Atendendo a esse pressuposto, realizou-se à análise de variância e teste F para detecção de efeitos significativos entre os fatores consórcio (C), adubação (A), espaçamento (E), CxA, CxE, AxE e CxAxE. Quando houve efeito significativo dos tratamentos, foi realizada a comparação de médias pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ) utilizando o software estatístico Sisvar<sup>®</sup> (Ferreira, 2011) e os gráficos foram plotados no software SigmaPlot<sup>®</sup> 14.0.

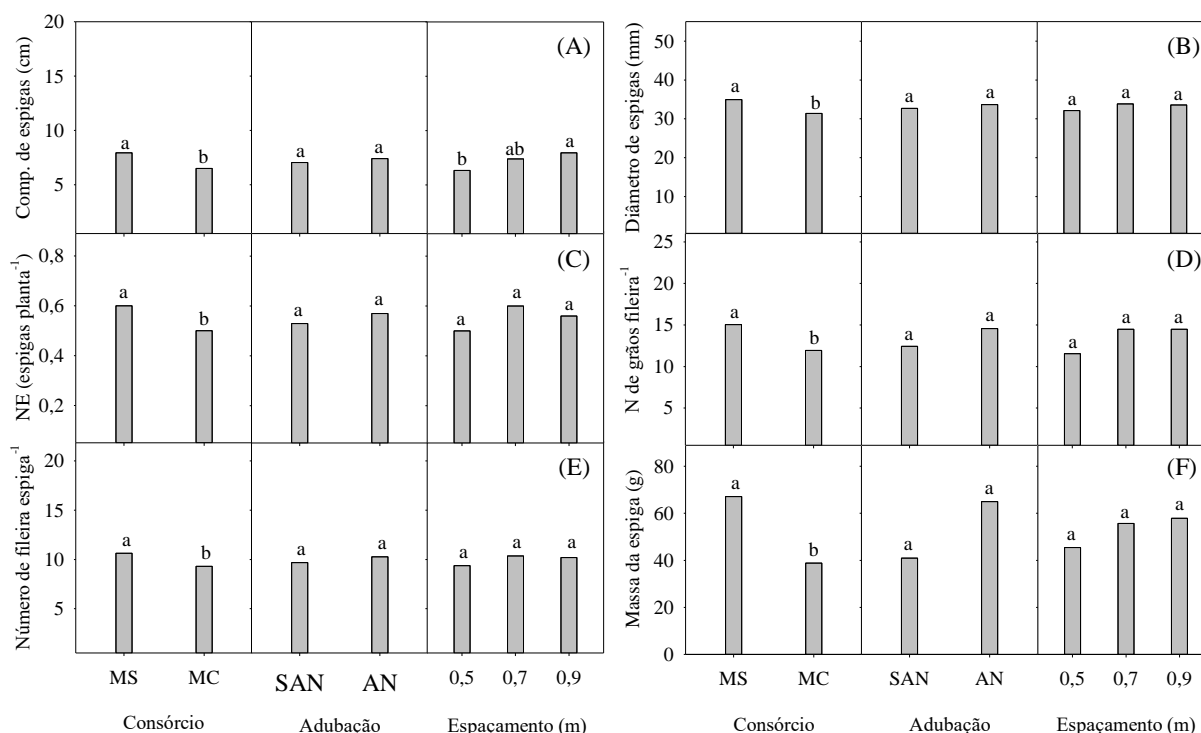
Também foi realizado o grau de correlação entre os parâmetros avaliados utilizando o coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) e classificado de acordo com Gavioli, Souza, Bazzi, Schenatto e Betzek (2019), onde:  $0 < r \leq 0,2$  (sem correlação);  $0,2 < r \leq 0,4$  (fraco);  $0,4 < r \leq 0,6$  (moderado);  $0,6 < r \leq 0,8$  (forte); e  $0,8 < r \leq 1$  (muito forte).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo não houve interação ( $p > 0,05$ ) entre os fatores CxA, CxE, AxE e CxAxE para nenhum dos parâmetros avaliados, indicando que esses fatores atuaram de forma independente.

Quanto ao comprimento de espigas, houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para os fatores consórcio e espaçamento (Figura 2A). O milho solteiro foi superior ao milho consorciado, com valores médios de 7,94 e 6,51 cm, respectivamente. O comprimento das espigas no espaçamento de 0,90 m entre fileiras foi

superior ao de 0,50 m, porém não apresentou diferença ao de 0,70 m. Esses resultados diferem dos encontrados por Lana et al. (2014) que observaram maior comprimento de espigas sob espaçamento reduzido (0,45 m) em comparação ao maior espaçamento entre fileiras (0,90 m). Contudo, esses autores também relatam melhor resultado para esse parâmetro sob menor densidade de plantas (60.000 plantas ha<sup>-1</sup>). Cabe ressaltar que no presente estudo a densidade de plantas no espaçamento de 0,50 m foi de 100.000 plantas ha<sup>-1</sup>, com um adicional de 40.000 plantas em comparação ao estudo dos autores supracitados.



**Figura 2.** Valores médios de comprimento de espigas (A), diâmetro de espigas (B), número de espigas (C), número de grãos por fileira (D), número de fileiras por espigas (E), massa da espiga (F) de milho cultivado sob diferentes consórcios, adubações e espaçamentos. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Dados de massa da espiga transformados em ln. MS: milho solteiro; MC: milho consorciado; SAN: sem adubação nitrogenada; AN: adubação nitrogenada. Fonte: os autores.

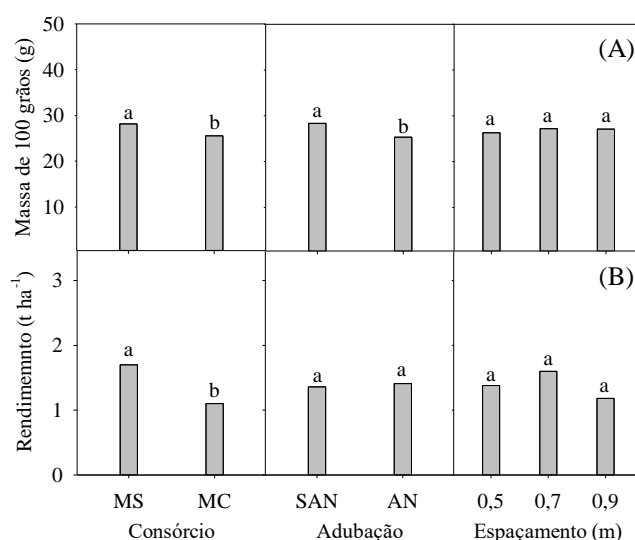
Para os parâmetros diâmetro da espiga, número de espigas por planta, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga e massa de espiga não houve diferença significativa dentro dos fatores adubação e espaçamento (Figuras 2B, C, D, E e F). Porém, houve diferença para o tipo de consórcio, sendo o milho solteiro 10,2, 16,7, 20,7, 10,1 e 42,1% superior ao milho consorciado para as variáveis supracitadas, respectivamente. Esses resultados podem ser atribuídos as menores populações de plantas na área de cultivo do milho solteiro, ocorrendo uma redução na competição entre plantas, oposto do que ocorreu no cultivo consorciado, visto que se elevou o número de plantas por unidade de área, causando uma redução na absorção de água e de nutrientes (Musokwa et al., 2018, Garcia et al., 2016). Isso,

possivelmente resultou em menor acúmulo e redistribuição dos nutrientes para as espigas ocasionando redução nesses parâmetros sob sistema de cultivo consorciado.

Com o aumento da competição por nutrientes entre as culturas, a disponibilidade de nitrogênio torna-se reduzida, o que pode afetar os parâmetros de qualidade da espiga. De acordo com Prado (2020), quando o nitrogênio se encontra em quantidade inadequada no solo, ocorre o menor desenvolvimento da parte aérea e conseqüentemente desfavorece o crescimento radicular pelo menor fluxo de carboidratos, o que pode afetar o volume de solo explorado pelas raízes, reduzindo a absorção de água e nutrientes.

Madembo et al. (2020) relatam que a aplicação de adubação mineral em sistemas consorciados pode favorecer a estabilidade do sistema. Contudo, esses autores usaram apenas metade da adubação recomendada para a cultura do milho, o que pode ter favorecido a fixação biológica de nitrogênio pela leguminosa, já que foi comprovado em outros estudos (Bastos et al., 2012, Li et al., 2016) que o aumento da aplicação de fertilizantes nitrogenados pode inibir a nodulação e, conseqüentemente a fixação de nitrogênio.

A massa de 100 grãos foi afetada pelo consórcio e adubação nitrogenada (Figura 3A). O milho solteiro apresentou maior massa de 100 grãos (28,14 g) em comparação ao milho consorciado (25,56 g). Na ausência de adubação nitrogenada a massa de 100 grãos foi 10,7% superior ao milho com adubação nitrogenada. Diferente do que foi relatado em outros estudos (Lana et al., 2014, Sangoi et al., 2015) a massa de 100 grãos não apresentou acréscimos com a adição da adubação nitrogenada. No presente estudo, foi observado que na ausência da adubação ocorreu uma produção de grãos maiores em detrimento do número de grãos por espiga (14,7% menor).



**Figura 3.** Médias de massa de 100 grãos (A) e rendimento (B) de milho cultivado sob diferentes consórcios, adubações e espaçamentos. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Dados transformados em ln. MS: milho solteiro; MC: milho consorciado; SAN: sem adubação nitrogenada; AN: adubação nitrogenada. Fonte: os autores.



O consórcio foi o único fator que promoveu diferença no rendimento de grãos da cultura do milho (Figura 3B). O milho consorciado apresentou uma redução de 35,3% (1,1 t ha<sup>-1</sup>) no rendimento de grãos em comparação ao milho solteiro (1,7 t ha<sup>-1</sup>). Esses resultados estão de acordo com os resultados da pesquisa de Musokwa et al. (2018) que também mostraram uma redução de 67% no consórcio milho-guandu em comparação ao milho solteiro. O maior rendimento nas parcelas onde o milho foi cultivado em monocultivo pode ser atribuído a ausência de competição, diferente do consórcio, onde o guandu foi inserido nas entrelinhas do milho, aumentando a competição. De acordo com Liu et al. (2018), a redução do rendimento do milho consorciado pode ser atribuída a competição pela radiação fotossintética ativa interceptada pela cultura do guandu, devido a sua inserção na entrelinha da cultura do milho. A produtividade do milho solteiro no presente estudo foi inferior ao relatado por Carvalho et al. (2019), porém superior aos valores encontrados por Madalena et al. (2009).

A dose de nitrogênio utilizada no experimento (75 kg de N ha<sup>-1</sup>) não foi suficiente para alcançar alta produtividade, dada as condições de baixa disponibilidade de nutrientes e ao teor de matéria orgânica do solo do Cerrado. Não se sabe ao certo se parte do nitrogênio aplicado na forma de ureia foi imobilizado pela comunidade microbiana ou se perdida por lixiviação para camadas subsuperficiais do solo. Contudo, levando em consideração a textura do solo e as altas precipitações pluviométricas registradas no decorrer da condução do experimento, inclusive com precipitações diárias superiores a 40 mm (Figura 1), podemos sugerir que parte do nitrogênio foi lixiviado para camadas mais profundas, reduzindo sua disponibilidade para a planta.

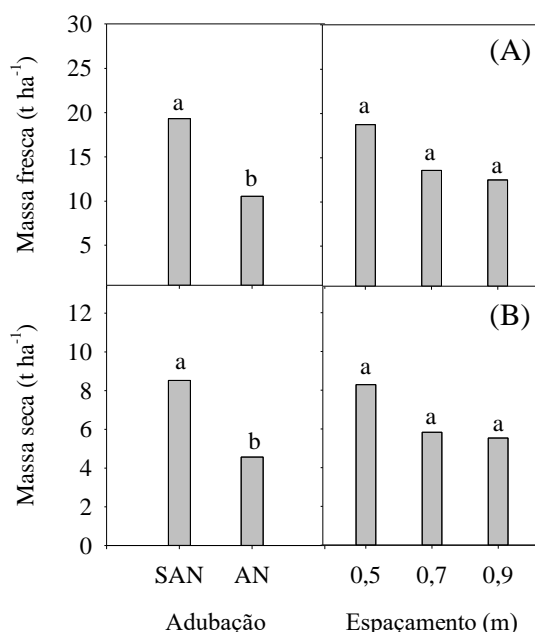
**Tabela 1.** Matriz de correlação de Pearson para componentes de produção e produtividade da cultura do milho. Chapadinha-MA, 2018. Fonte: os autores.

	<b>CE</b>	<b>DE</b>	<b>NEP</b>	<b>NFE</b>	<b>NGF</b>	<b>ME</b>	<b>MCG</b>	<b>RG</b>
<b>CE</b>	1							
<b>DE</b>	0,85**	1						
<b>NEP</b>	0,52**	0,56**	1					
<b>NFE</b>	0,90**	0,86**	0,60**	1				
<b>NGF</b>	0,93**	0,88**	0,57**	0,89**	1			
<b>ME</b>	0,55**	0,44**	-0,11 <sup>ns</sup>	0,47**	0,50**	1		
<b>MCG</b>	0,53**	0,54**	0,14 <sup>ns</sup>	0,48**	0,43**	0,54**	1	
<b>RG</b>	0,77**	0,79**	0,66**	0,81**	0,82**	0,46**	0,48**	1

\*\* significativo a 5%, <sup>ns</sup> não significativo. CE: comprimento de espigas; DE: diâmetro de espiga; NEP: número de espiga por planta; NFE: número de fileira por espiga; NGF: número de grãos por fileira; ME: massa da espiga; MCG: massa de 100 grãos; e RG: rendimento de grãos.

De acordo com a matriz de correlação de Pearson ( $r$ ) podemos observar a correlação positiva significativa ( $p < 0,01$ ) para a maioria dos parâmetros avaliados (Tabela 1). Dentre os parâmetros produtivos, os que tiveram maior correlação com o rendimento de grãos da cultura do milho foram o número de grãos por fileira ( $r = 0,82$ ) e o número de fileiras por espiga ( $r = 0,81$ ), apresentando correlação muito forte ( $0,8 < r \leq 1$ ), seguido do diâmetro da espiga ( $0,79$ ) e do comprimento da espiga ( $r = 0,77$ ) apresentando correlação forte ( $0,6 < r \leq 0,8$ ). Isso indica que esses parâmetros são determinantes para o rendimento da cultura do milho.

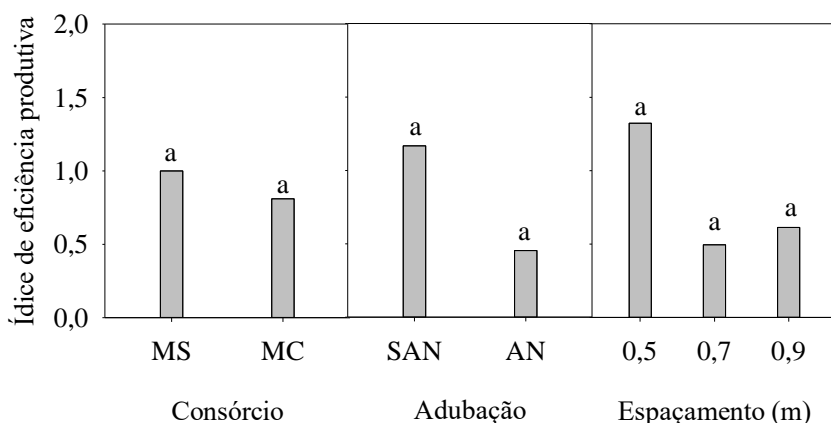
Para as variáveis de rendimento do guandu, onde não houve a aplicação de adubação nitrogenada no milho, o feijão-guandu apresentou melhor desenvolvimento, atingindo rendimento médio de  $19,3 \text{ t ha}^{-1}$  de massa fresca (Figura 4A) e  $8,5 \text{ t ha}^{-1}$  de massa seca (Figura 4B). É possível inferirmos que a fertilização com nitrogênio no milho, reduziu a simbiose entre o guandu e a população de bactérias fixadoras do nitrogênio atmosférico, tendo como consequência um menor rendimento. Isto ocorre porque a eficiência da fixação biológica de nitrogênio é alterada pela presença do fertilizante nitrogenado no solo, pois, havendo nitrogênio mineral no solo, a demanda nutricional e o estímulo da nodulação na planta são reduzidos (Wang et al., 2019). Bastos et al. (2012), atribuiu a limitação no número de nódulos à adubação nitrogenada de base, realizada em abertura de área, para a implantação da cultura do feijão-caupi. Desse modo, presume-se que, com o processo de simbiose facilitado ocorreu maior fixação de nitrogênio no feijão-guandu, consequentemente maior crescimento da planta, resultando em maiores acúmulos de massa fresca e seca.



**Figura 4.** Rendimento de massa fresca (A) e seca (B) de plantas de guandu cultivadas sob diferentes espaçamentos e adubação nitrogenada da cultura do milho. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). SAN: sem adubação nitrogenada; AN: adubação nitrogenada. Fonte: os autores.

Neste estudo, foi observado que os diferentes espaçamentos da cultura principal (milho) não afetaram significativamente o rendimento de massa fresca e seca do feijão-guandu. De acordo com Madembo et al. (2020), o feijão-guandu possui enraizamento mais profundo que a cultura do milho. Devido a esse diferente padrão de enraizamento das culturas utilizado no consórcio, pode ocorrer uma maior exploração do solo e absorção de nutrientes tanto na camada mais superficial quanto em camadas mais profundas (Gebreu, 2015). Assim, mesmo com a redução do espaçamento entre fileiras da cultura principal, o guandu não apresentou redução significativa na sua produtividade.

Quanto ao índice de eficiência do milho, o milho solteiro (atribuído valor 1) não apresentou diferença estatística do milho consorciado (Figura 5). Contudo, pode ser observado que o sistema consorciado apresentou rendimento equivalente a 81% do milho em monocultivo. Também não houve diferença entre o milho com adubação nitrogenada ao milho que não recebeu esse tipo de adubação, com médias de 0,45 e 1,17, respectivamente (Figura 5). Entretanto, esse resultado indica que o milho consorciado que recebeu adubação nitrogenada teve produtividade equivalente a 45% da produtividade do milho solteiro adubado. Enquanto que o milho consorciado não adubado apresentou produtividade equivalente a 117% da produtividade do milho solteiro não adubado. Nesse sentido, quando não se faz uso da adubação nitrogenada, torna-se mais vantajoso a adoção de consórcio, isso foi evidenciado pelo alto índice de eficiência produtiva apresentado.



**Figura 5.** Índice de eficiência produtiva da cultura do milho consorciado sob diferentes adubações e espaçamentos. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). MS: milho solteiro; MC: milho consorciado; SAN: sem adubação nitrogenada; AN: adubação nitrogenada. Fonte: os autores.

O alto índice de eficiência produtiva do milho em consórcio com feijão-guandu na ausência de adubação nitrogenada, segundo Costa et al. (2021) está associado à fixação biológica do nitrogênio pela cultura do feijão-guandu, o que permite a disponibilização de nitrogênio para a cultura do milho. De acordo com Wang et al. (2019), a adubação nitrogenada reduz significativamente o peso fresco e o número de nódulos, consequentemente reduz a fixação biológica de nitrogênio. Esses autores relatam

que na ausência de adubação nitrogenada, a redução da distância entre as culturas consorciadas pode influenciar positivamente na nodulação e na quantidade de  $N_2$  fixado.

Wang et al. (2019) avaliando o consórcio entre o milho e alfafa (*Medicago sativa* L.), verificaram no primeiro ano de cultivo que a redução da concentração de nitrogênio na rizosfera ( $NO_3^-$ ) devido à forte capacidade competitiva do milho estimulou a nodulação em plantas de alfafa. Contudo, o esgotamento de nutrientes na zona radicular da leguminosa consorciada não parece ser o único mecanismo de estímulo da nodulação e fixação biológica de nitrogênio. Li et al. (2016) relatam que além do esgotamento do nitrogênio na zona radicular pela cultura gramínea, a exsudação pela cultura não leguminosa atua como sinalizador para a nodulação, aumentando a nodulação e a fixação de nitrogênio atmosférico. De acordo com esses autores a interação interespecífica entre as raízes das culturas consorciadas possui papel chave nesse processo.

A transferência de nitrogênio proveniente da fixação biológica de nitrogênio de culturas leguminosas durante o crescimento para culturas não leguminosas já foi relatada em estudos anteriores (Wang et al., 2019, Thilakarathna et al., 2016). Wang et al. (2019) verificaram transferências de nitrogênio para a cultura do milho que variaram de 15,4 a 21,5% do nitrogênio fixado pela alfafa. Thilakarathna et al. (2016) relataram uma transferência de até 18,5% do nitrogênio fixado de trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.) para grama azul (*Poa pratensis* L.) em sistemas de cultivo consorciados. Além disso, também foi relatado por Costa et al. (2021) que o feijão-guandu disponibiliza nitrogênio para a cultura do milho ainda no mesmo ciclo de cultivo, uma vez que ocorre a mineralização das folhas que caem durante a fase de crescimento da planta.

De uma forma geral, o consórcio é uma alternativa viável, pois permite o cultivo de duas culturas diferentes, tornando o sistema mais sustentável. O consórcio com leguminosas por sua vez se destaca pois pode se refletir em maiores produções comparado ao sistema de cultivo solteiro devido a maior eficiência quanto ao uso do nitrogênio (Oligini et al., 2019). No presente estudo, na ausência de adubação nitrogenada foi observado que o milho consorciado apresentou maior índice de eficiência produtiva (Figura 5). Nesse contexto, o consórcio faz-se necessário sobretudo em sistemas de cultivo onde não é usada a adubação mineral, prática ainda bastante comum na agricultura não empresarial.

O consórcio milho-guandu permite a produção de forragem para o fornecimento aos animais tanto na forma pastejo indireto como direto, permitindo o uso de sistemas de integração lavoura-pecuária pela possibilidade da inserção do fator animal na área de produção durante a entressafra do milho (Guimarães et al., 2017, Oligini et al., 2019). O feijão-guandu é uma espécie bastante rústica, que apresenta como vantagem a rebrota após o corte dos ramos, aumentando ainda mais a produção de forragem. Sua capacidade de rebrota ainda possibilita a proteção do solo após a colheita do milho (entressafra), servindo como uma cultura de cobertura, além de adição contínua de matéria orgânica pela deposição da serrapilheira na área de cultivo.

O sistema consorciado pode apresentar maior rendimento geral quando comparado ao milho solteiro, uma vez que são somados os rendimentos de todas as culturas usadas no consórcio, cultivada em uma mesma área (Madembo et al., 2020). De acordo com esses autores, além do maior rendimento geral apresentado pelo consórcio milho-guandu, esse sistema apresenta maior estabilidade de produção, o que pode ser atribuído a capacidade de fixação biológica de nitrogênio, maior cobertura solo, resultando em supressão de planta daninhas, entre outros.

## CONCLUSÕES

O consórcio milho-guandu é viável, sobretudo na agricultura não empresarial, onde em geral não é usada a adubação mineral. Contudo, o consórcio inferiu na redução das variáveis de produção do milho.

A adubação nitrogenada não afetou os parâmetros de qualidade da espiga e o rendimento de grãos de milho.

Os diferentes espaçamentos entre as fileiras da cultura do milho não afetaram de forma significativa do rendimento do milho e do feijão-guandu.

O feijão-guandu teve seu rendimento reduzido com a aplicação da adubação nitrogenada na área de cultivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agricultura Market Information System (AMIS). Market monitor. Disponível em: <http://www.amis-outlook.org>. Acesso em: 03/07/2019.
- Azevedo, E. O., Nogueira, F. R. B., & Morais, C. M. M. (2009). A integração da criação animal com cultivos em assentamentos rurais no semiárido brasileiro. *Agriculturas*, 6(2), 25-29.
- Bastos, V. J., Melo, D. A., Alves, M. A., Uchôa, S. C. P., Silva, P. M. C., & Teixeira Junior, D. L. (2012). Avaliação da fixação biológica de nitrogênio em feijão-caupi submetido a diferentes manejos da vegetação natural na savana de Roraima, Brasil. *Revista Agroambiente*, 6(2), 133-139.
- Buso, W. H. D., Silva, L. B., Rios, A. D. F., & Firmiano, R. S. (2016). Corn agronomic characteristics according to crop year, spacing and plant population densities. *Comunicata Scientiae*, 7(2), 197-203.
- Carvalho, D. E., Ferreira, P. V., Silva, J. P., Costa, K. D. S., & Oliveira, F. S. (2015). Comportamento produtivo de genótipos de milho (*Zea mays* L.) em diferentes espaçamentos sob adubação orgânica. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 11(1), 97-107.
- Carvalho, I. D. E., Ferreira, P. V., Silva, J., Oliveira, F. S., Silva Júnior, A. B., Teixeira, J. S., & Santos, D. F. (2019). Agronomic performance of corn genotypes in a consortium with the bean variety IAC Alvorada. *Journal of Experimental Agriculture International*, 30(3), 1-7.
- Carvalho, I. D. E., Ferreira, P. V., Silva Júnior, A. B., Teixeira, J. S., Oliveira, F. S., Carvalho, A. P. V., & Santos, P. R. (2016). Análise produtiva de genótipos de milho-verde consorciados com feijão. *Horticultura brasileira*, 34(4), 593-594.

- Collier, L. S., Arruda, E. M., Campos, L. F. C., & Nunes, J. N. V. (2018). Soil chemical attributes and corn productivity grown on legume stubble in agroforestry systems. *Revista Caatinga*, 31(2), 279-289.
- Costa, N. R., Crusciol, C. A. C., Trivelin, P. C. O., Pariz, C. M., Costa, C., Castilhos, A. M., Souza, D. M., Bossolani, J. W., Andreotti, M., Meirelles, P. R. L., Moretti, L. G., & Mariano, E. (2021). Recovery of <sup>15</sup>N fertilizer in intercropped maize, grass and legume and residual effect in black oat under tropical conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 310, 107226.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042.
- Garcia, C. M. P., Costa, C., Meirelles, P. R. L., Andreotti, M., Pariz, C. M., Freitas, L. A., & Teixeira Filho, M. C. M. (2016). Wet and dry corn yield under intercrop cultivation with marandu grass and/or dwarf pigeon pea and nutritional value of the marandu grass in succession. *Australian Journal of Crop Science*, 10(11), 1564-1571.
- Gavioli, A., Souza, E. G., Bazzi, C. L., Schenatto, K., & Betzek, N. M. (2019). Identification of management zones in precision agriculture: An evaluation of alternative cluster analysis methods. *Biosystems engineering*, 181, 86-102.
- Gebru, H. (2015). A review on the comparative advantages of intercropping to mono-cropping system. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(9), 1-13.
- Guimarães, F. S., Ciappina, A. L., Anjos, R. A. R., Silva, A., & Pelá, A. (2017). Consórcio guandu-milho-braquiária para integração lavoura-pecuária. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 22-27.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. (2018). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal>. Acesso em: 18/11/2018.
- Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources and reduces the requirement for synthetic fertilizer N: A global-scale analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(5), 1-9.
- Lana, M. C., Rampim, L., Ohland, T., & Fávero, F. (2014). Spacing, population density and nitrogen fertilization in corn grown in an Oxisoil. *Revista Ceres*, 61(3), 424-433.
- Li, B., Li, Y. Y., Wu, H. M., Zhang, F. F., Li, C. J., Li, X. X., Lambers, H., & Li, L. (2016). Root exudates drive interspecific facilitation by enhancing nodulation and N<sub>2</sub> fixation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(23), 6496–6501.
- Liu, X., Rahman, T., Song, C., Yang, F., Su, B., Cui, L., Bu, W., & Yang, W. (2018). Relationships among light distribution, radiation use efficiency and land equivalent ratio in maize-soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, 224, 91-101.
- Madalena, J. A. S., Ferreira, P. V., Araújo, E., Cunha, J. L. X. L., & Linhares, P. C. F. (2009). Seleção de genótipos de milho (*Zea mays* L.) submetidos a quatro densidades de semeadura no município de Rio Largo-AL. *Caatinga*, 22(1), 48-58.

- Madembo, C., Mhlanga, B., & Thierfelder C. (2020). Productivity or stability? Exploring maize-legume intercropping strategies for smallholder Conservation Agriculture farmers in Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 185, 102921.
- Mhango, W. G., Snapp, S., & Kanyama-Phiri, G. Y. (2017). Biological nitrogen fixation and yield of pigeonpea and groundnut: Quantifying response on smallholder farms in northern Malawi. *African Journal of Agricultural Research*, 12(16), 1385-1394.
- Moura-Silva, A. G., Aguiar, A. C. F., Moura, E. G., & Jorge, N. (2016). Influence of soil cover and N and K fertilization on the quality of biofortified QPM in the humid tropics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3807-3812.
- Musokwa, M., Mafongoya, P., & Lorentz, S. (2018). Evaluation of agroforestry systems for maize (*Zea mays*) productivity in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 36(1), 65-67.
- Ochire-Boadu, K., Abunyewa, A. A., Kaba, J. S., Twum-Ampofo, K., Dawoe, E. L. K., Agbenyega, O., & Barnes, R. V. (2020). Improved legume fallows: Influence on nitrogen and microbial dynamics, and maize (*Zea mays* L) grain yield in sub-humid zone of West Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1), 1785778.
- Oligini, K. F., Salomão, E. C., Batista, V. V., Link, L., Adami, P. F., & Sartor, L. R. (2019). Produtividade de milho consorciado com espécies forrageiras no sudoeste do Paraná. *Revista Agrarian*, 12(46), 434-442.
- Oliveira, L. S., Mazon, M. R., Carvalho, R. F., Pesce, D. M. C., Silva, S. L., Nogueira Filho, J. C. M.; Gallo, S. B., & Leme, P. R. (2015). Processamento do milho grão sobre desempenho e saúde ruminal de cordeiro. *Ciência Rural*, 45(7), 1292-1298.
- Pereira, D. S., Lana, R. P., Carmo, D. L., Sousa, C. C. C., & Gomide, B. A. (2017). Produção de forragens de cana-de-açúcar e feijão-guandu cultivados em monocultivo e consórcio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 7(4), 80-87.
- Prado, R. M. (2020). *Nutrição de plantas* (2a ed). São Paulo: editora Unesp.
- Ribeiro, A. C., Guimarães, P. T. G., & Alvarez V., V. H. (1999). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação*. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais.
- Sangoi, L., Silva, L. M. M., Mota, M. R., Panison, F., Schmitt, A., Souza, N. M., Giordani, W., & Schenatto, D. E. (2015). Desempenho agrônômico do milho em razão do tratamento de sementes com *Azospirillum* sp. e da aplicação de doses de nitrogênio mineral. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39(4), 1141-1150.
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Cunha, T. J. F., & Oliveira, J. B. (2013). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (3a ed). Brasília: Embrapa.



- Testa, G., Reyneri, A., & Blandino, M. (2016). Maize grain yield enhancement through high plant density cultivation with different inter-row and intra-row spacings. *European Journal of Agronomy*, 72, 28-37.
- Thilakarathna, M. S., Papadopoulos, Y. A., Rodd, A. V., Grimmett, M., Fillmore, S. A. E., Crouse, M., & Prithiviraj, B. (2016). Nitrogen fixation and transfer of red clover genotypes under legume–grass forage based production systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 106(2), 233-247.
- Thompson, P. B. (2012). The agricultural ethics of biofuels: the food vs. fuel debate. *Agriculture*, 2(4), 339-358.
- Wang, X., Gao, Y., Zhang, H., Shao, Z., Sun, B., & Gao, Q. (2019). Enhancement of rhizosphere citric acid and decrease of  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  ratio by root interactions facilitate N fixation and transfer. *Plant Soil*, 447(1), 169-182.

## Índice Remissivo

### A

Aquicultura, 38

### C

*Cajanus cajan* (L.) Millsp, 49, 51

### D

Desempenho zootécnico, 44

Distribuição longitudinal, 33

### E

Espaçamento, 49

### H

hojas, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24

### M

metabolismo, 14, 18, 20, 24

metabolitos primarios, 17, 18, 24

### S

salinidad, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

Segurança do trabalho, 7

Sistema de Recirculação Aquícola, 43

### T

tallos, 15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24

### Z

*Zea mays* L., 49, 51

## Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-

books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: [alan\\_zuffo@hotmail.com](mailto:alan_zuffo@hotmail.com).



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 97 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 56 organizações de e-books, 40 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: [j51173@yahoo.com](mailto:j51173@yahoo.com), [jorge.aguilera@ufms.br](mailto:jorge.aguilera@ufms.br).





**Pantanal Editora**  
Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)