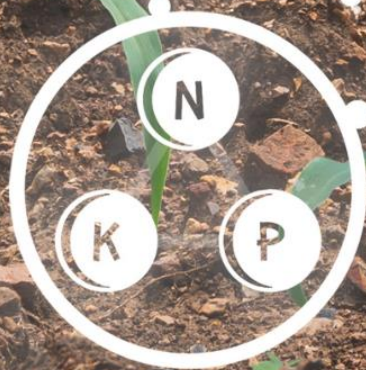


Pesquisas agrárias e ambientais

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

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

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

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⁻¹, 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⁻¹; pH (CaCl₂) = 4,1; P = 3,1 mg dm⁻³; K⁺ = 0,09 cmol dm⁻³; Ca²⁺ = 0,44 cmol dm⁻³; Mg²⁺ = 0,29 cmol dm⁻³; H⁺ + Al³⁺ = 3,20 cmol dm⁻³; CTC = 4,01 cmol dm⁻³; 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).

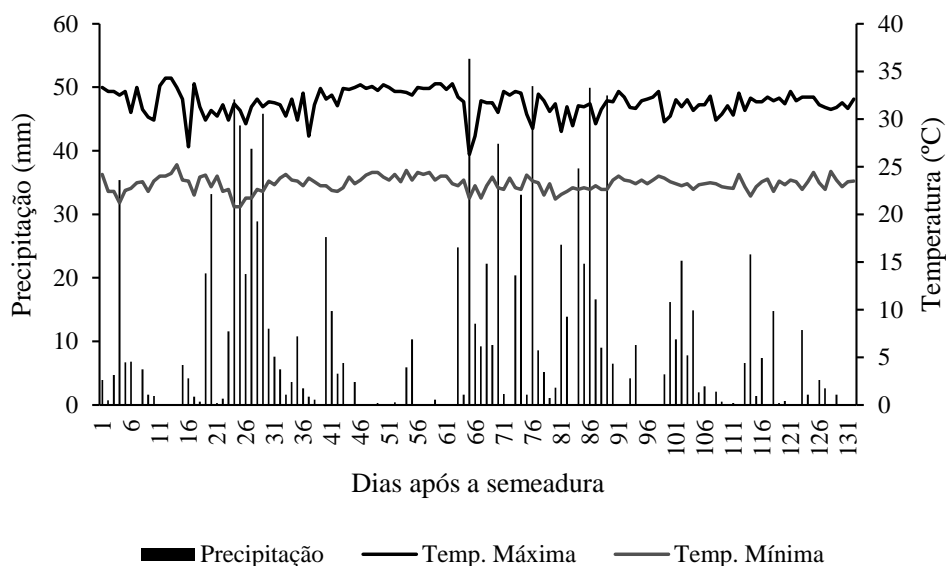


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura diária durante a condução do experimento, Chapadinha-MA, 2018. Fonte: INMET (2021).

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⁻¹, 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 25 kg de K₂O ha⁻¹. 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⁻¹ e 25 kg de K₂O ha⁻¹, 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⁻¹). 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⁻¹). 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[®] (Ferreira, 2011) e os gráficos foram plotados no software SigmaPlot[®] 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⁻¹). Cabe ressaltar que no presente estudo a densidade de plantas no espaçamento de 0,50 m foi de 100.000 plantas ha⁻¹, com um adicional de 40.000 plantas em comparação ao estudo dos autores supracitados.

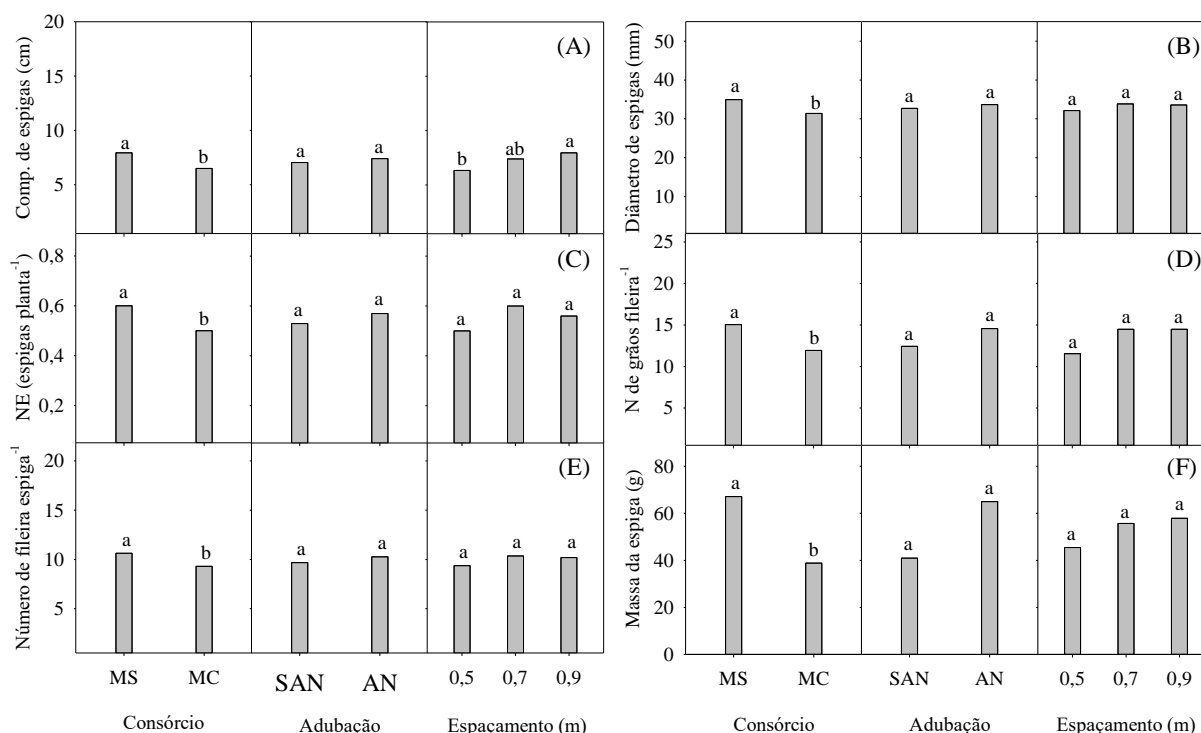


Figura 2. Valores médios de comprimento de espigas (A), diâmetro de espigas (B), número de espigas (C), número de grãos por fileira (D), número de fileiras por espigas (E), massa da espiga (F) de milho cultivado sob diferentes consórcios, adubações e espaçamentos. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas 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 a 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 recomenda 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 afeta 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).

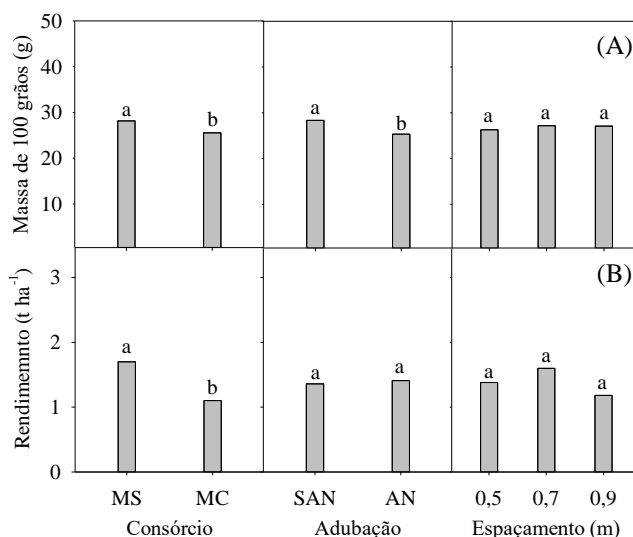


Figura 3. Médias de massa de 100 grãos (A) e rendimento (B) de milho cultivado sob diferentes consórcios, adubações e espaçamentos. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Dados transformados em ln. MS: milho solteiro; MC: 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⁻¹) no rendimento de grãos em comparação ao milho solteiro (1,7 t ha⁻¹). 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⁻¹) 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.

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

** significativo a 5%, ^{ns} 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.

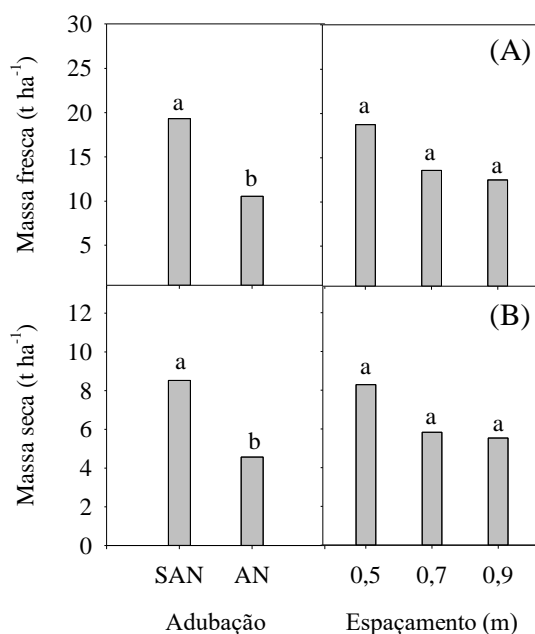


Figura 4. Rendimento de massa fresca (A) e seca (B) de plantas de guandu cultivadas sob diferentes espaçamentos e adubação nitrogenada da cultura do milho. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). SAN: sem adubação nitrogenada;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

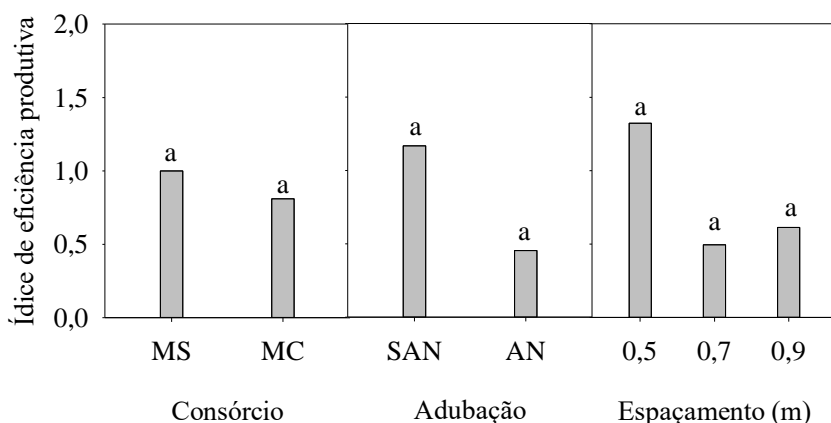


Figura 5. Índice de eficiência produtiva da cultura do milho consorciado sob diferentes adubações e espaçamentos. Chapadinha-MA, 2018. Médias seguidas de letras iguais nas barras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). MS: milho solteiro; MC: milho consorciado; SAN: sem adubação nitrogenada; 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 ¹⁵N 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 N₂ 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.



  **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, 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