

Ciência em Foco

Volume XVIII



2026

Alan Mario Zuffo
Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo
Bruno Rodrigues de Oliveira
Jorge González Aguilera
Aris Verdecia Peña

Organizadores

Alan Mario Zuffo
Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo
Bruno Rodrigues de Oliveira
Jorge González Aguilera
Aris Verdecia Peña
Organizadores

Ciência em Foco
Volume XVIII



Pantanal Editora

2026

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. Albys 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. Leandris Argentele-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)
UFJF
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)
Mun. Rio de Janeiro
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

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

C569

Ciência em foco – Volume XVIII / Organização de Alan Mario Zuffo, Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo, Bruno Rodrigues de Oliveira, et al. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2026.
69p.

Outros organizadores: Jorge González Aguilera, Aris Verdecia Peña.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-82-2

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756822>

1. Ciência. 2. Pesquisa científica. 3. Educação. 4. Sustentabilidade. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Zuffo, Rosalina Eufrausino Lustosa (Organizadora). III. Oliveira, Bruno Rodrigues de (Organizador). IV. Título.

CDD 507

Índice para catálogo sistemático

I. Ciência



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

A Editora Pantanal tem a honra de apresentar o décimo oitavo volume da coletânea *Ciência em foco*, uma obra que vem se consolidando como importante referência na divulgação científica nas áreas de ciências agrárias, ambientais e campos correlatos.

Este volume reúne pesquisas originais, artigos de revisão e estudos aplicados, elaborados por pesquisadores de diferentes instituições de ensino e pesquisa do Brasil, contemplando temáticas atuais, relevantes e inovadoras. Entre os temas abordados, destacam-se a sociologia crítica na produção do conhecimento social, os indicadores ambientais da Universidade Federal de Uberlândia, a inoculação com *Bradyrhizobium* como fator determinante na resposta do amendoim a diferentes doses de níquel, o trabalho docente na extensão universitária e a relevância do DOI no contexto da publicação científica.

Esta obra tem como principal objetivo difundir conhecimentos científicos de qualidade, promovendo o diálogo entre diferentes áreas do saber e incentivando a reflexão crítica sobre desafios contemporâneos relacionados ao desenvolvimento sustentável, à produção de conhecimento e à inovação científica.

Acreditamos que este volume se constituirá em uma valiosa fonte de consulta para estudantes, pesquisadores, profissionais e formuladores de políticas públicas, contribuindo para o fortalecimento da integração entre ciência, tecnologia e sociedade, bem como para a construção de soluções voltadas às demandas atuais e futuras.

Os organizadores

Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Sobre uma sociologia crítica na produção do conhecimento social	6
Capítulo 2	18
Avaliação de indicadores ambientais da Universidade Federal de Uberlândia	18
Capítulo 3	34
Inoculação com <i>Bradyrhizobium</i> como fator determinante na resposta do amendoim a doses de níquel	34
Capítulo 4	46
O trabalho docente na extensão universitária: reflexões a partir da atuação no curso de Serviço Social na Universidade Federal do Paraná	46
Capítulo 5	58
A importância do DOI na publicação científica: rastreabilidade, visibilidade e a conectividade do conhecimento	58
Índice Remissivo	67
Sobre os autores/organizadores	68

Inoculação com *Bradyrhizobium* como fator determinante na resposta do amendoim a doses de níquel

Recebido em: 24/03/2026

Aceito em: 24/04/2026

 10.46420/9786585756822cap3

Werverth Costa Martins 

Lorena Vitória Alves Andrade 

Maria Carolina de Souza 

Jorge González Aguilera 

Carlos Eduardo da Silva Oliveira 

Tiago Zoz 

INTRODUÇÃO

O amendoim (*Arachis hypogaea* L.) pertence à família Fabaceae (Ramos *et al.*, 2025) com origem descrita na América do Sul (Çiftçi; Suna, 2022). A espécie possui alto valor energético apresentando em sua composição concentrações expressivas de carboidratos, vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis e proteínas, além de minerais e fitoquímicos (Bonku; Yu, 2020). Os compostos bioativos presentes nos grãos de amendoim são frequentemente associados a prevenção de doenças vasculares e diabetes (Çiftçi; Suna, 2022; Nunes *et al.*, 2023).

De acordo com a Embrapa (2023) o amendoim encontra-se difundido em diferentes regiões do Brasil, com destaque para as regiões sudeste, sul e nordeste. Devido às suas características nutricionais e sua versatilidade, o amendoim pode ser comercializado para uso culinário na forma de óleo, para a confeitaria na confecção de doces, confeitados e bebidas (Toderó *et al.*, 2024). Contudo, assim como a maioria das culturas agrícolas, o amendoim apresenta limitações e desafios quanto ao seu cultivo, como plantio e colheita eficientes e, o manejo nutricional adequados (Mondal *et al.*, 2020).

O uso de fertilizantes minerais ainda é a prática mais eficiente para o manejo nutricional do amendoim, entretanto, o uso indiscriminado destes insumos, especialmente de fertilizantes nitrogenados, pode interferir na fertilidade do solo e por consequência na produtividade da cultura (El-Sherbeny *et al.*, 2022; Mondal *et al.*, 2020). O amendoim é uma leguminosa capaz de realizar a simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (BFN), que convertem o nitrogênio atmosférico (N₂) em uma forma assimilável pela planta através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Yurchenko *et al.*, 2024).

Neste sentido, a aplicação de microrganismos como *Bradyrhizobium sp.* pode melhorar a qualidade do solo, e elevar a produtividade do amendoim (Mondal *et al.*, 2020). Em estudo, Yurchenko *et al.* (2024) descrevem um incremento de até 15,5% na produtividade do amendoim submetido a inoculação de *Bradyrhizobium sp.* Steiner *et al.* (2021) afirmam que em solos do cerrado brasileiro a inoculação com

Bradyrhizobium sp. eleva o teor de clorofila, a nodulação e a produtividade do amendoim, tornando-se uma alternativa sustentável e eficiente para elevar o teto produtivo da cultura na região.

Além da inoculação com BFN, outras técnicas de manejo podem ser adotadas a fim de otimizar o uso do nitrogênio pelas plantas, segundo Lavres et al. (2016) a aplicação de baixas doses de níquel (Ni) na soja, leguminosa, pode melhorar a fixação de nitrogênio, além de elevar o acúmulo de matéria seca e teor de nitrogênio nos grãos. O Ni é um micronutriente que desempenha um papel importante no metabolismo do nitrogênio e na FBN, como componente estrutural da urease e da hidrogenase respectivamente (Lavres et al., 2016), além de influenciar na enzima redutase do nitrato (Macedo et al., 2016). A urease é a enzima responsável pela quebra da ureia em amônia (Witte, 2011), já a redutase do nitrato é a enzima responsável por reduzir a concentração de nitrato nas plantas (Alibakhshi; Khoshgofarmanesh, 2015).

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos das doses de Ni sobre a morfologia e fisiologia de plantas de amendoim com e sem a inoculação com *Bradyrhizobium sp.*

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Unidade Universitária de Cassilândia, localizada no município de Cassilândia (latitude 19°07'21" S, longitude 51°43'15" W e altitude 516 m). De acordo com a classificação climática de Köppen, apresenta clima tropical chuvoso (Aw) com verão chuvoso e inverno seco.

O cultivo foi realizado em casa de vegetação com 32% de sombreamento sob bancada de cultivos em vasos plásticos com capacidade de 5 dm³, preenchidos com solo classificado como Neossolo Quartzarênico. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com arranjo fatorial 5 × 2, com três repetições, apresentando 30 unidades experimentais. O fator 1 correspondeu à aplicação de cinco doses de níquel (Ni) na forma de sulfato de níquel (NiSO₄), nas concentrações de: 0,0 mg de Ni kg⁻¹ de solo (controle), 1,0 mg de Ni kg⁻¹ de solo, 2,0 mg de Ni kg⁻¹ de solo, 4,0 mg de Ni kg⁻¹ de solo e 6,0 mg de Ni kg⁻¹ de solo. O fator 2 consistiu na inoculação com *Bradyrhizobium sp.* (estirpe SEMIA 6144 - 2 × 10⁹ UFC mL⁻¹) utilizado 2 ml para 0,5 kg de sementes, em dois níveis: com e sem inoculação.

A análise química do solo foi realizada com base na metodologia de Raij et al. (2001), com os resultados expressos na Tabela 1. Com isso, foi feita a correção conforme exigências da cultura, e os vasos foram mantidos com irrigação localizada por gotejamento, fornecendo diariamente e fracionada em duas vezes ao dia, durante todo o período experimental.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento.

P-resina*	MO	S-SO ₄	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB
(mg dm ³)					(mmolc dm ³)				
5	9	9	5	1,2	10	6	6	2	17,2
CTC	V	Ca-CTC	Mg-CTC	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
(mmolc dm ³)	(%)			(mg dm ³)					
33,2	52	30	18	10	0,08	0,5	16	1,0	0,2

*P-resina: Fosforo, MO: Matéria Orgânica, pH: ph em CaCl₂, K: Potássio, Ca: Cálcio, Mg: Magnésio, H+Al: Acidez Potencial, Al: Alumínio, SB: Soma Bases, S-SO₄: Enxofre, CTC: Capacidade de Troca Catiônica, V: Saturação de Bases, Ca-CTC: Ca na CTC, Mg-CTC: Mg na CTC, m: Saturação de Alumínio, B: Boro; Cu: Cobre, Fe: Ferro, Mn: Manganês, Zn: Zinco.

A semeadura do amendoim foi realizada na profundidade de 2 cm e após a emergência foi realizado o desbaste deixando apenas uma planta por vaso. Os tratos culturais consistiram no controle manual de plantas daninhas. Ao longo do ciclo da cultura, foram efetuadas duas pulverizações com os inseticidas Nomolt e Engeo Pleno, utilizando-se um volume de 3 litros de calda, nas concentrações de 0,5 mL L⁻¹ e 1,0 mL L⁻¹, respectivamente. Adicionalmente, realizou-se uma aplicação foliar de ácido bórico na fase de pré-floração, na dosagem de 1 g L⁻¹, igualmente preparada em 3 litros de calda. A duração do experimento foi ao todo 60 dias.

As avaliações iniciaram aos 30 dias após o plantio (DAP), foram mensuradas a altura de planta (AP, cm) e número de folhas (NF) uma vez por semana, durante três semanas. Posteriormente foi realizada a leitura com o analisador portátil de trocas gasosas no infravermelho (IRGA) para determinação do Índice de Clorofila Foliar (ICF) durante a fase de pleno florescimento da cultura. O comprimento de raiz (CR, cm) e o número total de nódulos (NTN) foram feitos no final do experimento aos 43 DAE. Em seguida o material vegetal foi dividido em parte aérea e sistema radicular, foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C no período de 72 horas até atingir massa constante, para posterior determinação da massa seca da raiz (MSR, g), Massa seca parte aérea (MSPA, g) e massa seca dos nódulos (MSN, g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, e as médias do quadrado médio comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% de probabilidade. Para a variável doses de Níquel foi realizado o teste de análise de regressão. Foi aplicada análise multivariada, visando avaliar de forma integrada a resposta das plantas às doses de Ni e à inoculação com *Bradyrhizobium*. Para isso, os dados foram padronizados (z-score) e submetidos à Análise de Componentes Principais (ACP), com o objetivo de identificar os componentes responsáveis pela maior parte da variabilidade total e as associações entre tratamentos e variáveis avaliadas.

Com base nos valores padronizados, quando observado efeito significativo nos agrupamentos, foi elaborado gráficos de calor (heatmap), com análise de agrupamento hierárquico UPGMA (*Unweighted*

Pair Group Method with Arithmetic Mean) empregando as médias de todas as variáveis e utilizando distância Euclidiana, a fim de visualizar a similaridade entre os tratamentos e o comportamento das variáveis analisadas. Todas as análises estatísticas e multivariadas foram realizadas utilizando o software Rbio (Bhering, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre a inoculação com *Bradyrhizobium* e as doses de Ni foi significativa para massa seca de nódulos e índice de clorofila foliar ($p \leq 0,05$). As variáveis número de folhas, altura de plantas, número total de nódulos, massa seca parte aérea, não apresentaram diferenças significativas para nenhum fator isolado, entretanto, as variáveis comprimento de raiz e massa seca de raiz apresentaram diferenças significativas quando considerado o fator inoculação ($p \leq 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo do ANOVA obtido ao avaliar amendoim com a inoculação de *Bradyrhizobium* e doses de Níquel, em condições de casa de vegetação.

FV	NF	AP	CR	NTN	MSPA	MSR	MSN	ICF
Ni	16,52 ^{ns}	117,67 ^{ns}	181,03 ^{ns}	1898,63 ^{ns}	4,13 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,25*	6,16 ^{ns}
Brady	57,13 ^{ns}	48,26 ^{ns}	1049,62*	15504,13 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,18*	0,14 ^{ns}	175,93*
NixB	20,12 ^{ns}	70,99 ^{ns}	204,09 ^{ns}	4096,13 ^{ns}	5,73 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,34*	38,54*
CV (%)	15,92	27,29	28,27	35,26	44,78	39,74	79,80	9,97
DOSES Ni								
0	30,09 ^{ns}	38,22 ^{ns}	29,03 ^{ns}	207,83 ^{ns}	5,75 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,60 ^{ns}	27,13 ^{ns}
1	27,57 ^{ns}	31,67 ^{ns}	42,04 ^{ns}	222,50 ^{ns}	4,40 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,10 ^{ns}	27,71 ^{ns}
2	27,99 ^{ns}	37,39 ^{ns}	41,80 ^{ns}	206,00 ^{ns}	6,29 ^{ns}	1,08 ^{ns}	0,20 ^{ns}	29,68 ^{ns}
4	30,89 ^{ns}	37,94 ^{ns}	37,57 ^{ns}	177,50 ^{ns}	5,97 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,40 ^{ns}	28,93 ^{ns}
6	25,97 ^{ns}	28,61 ^{ns}	41,13 ^{ns}	187,50 ^{ns}	4,69 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	28,72 ^{ns}
Brady								
Com	25,89a	21,65a	32,40a	177,53a	5,19a	1,10a	0,36a	26,01a
Sem	28,31a	24,01a	44,23b	223,00a	5065a	0,95a	0,23a	30,86a
Regressão								
Linear	0,3269 ^{ns}	0,2049 ^{ns}	0,3474 ^{ns}	0,7620 ^{ns}	0,8704 ^{ns}	0,1289 ^{ns}	0,2632 ^{ns}	0,3411 ^{ns}
Quadrática	0,6805 ^{ns}	0,3076 ^{ns}	0,8839 ^{ns}	0,4473 ^{ns}	0,9909 ^{ns}	0,2632 ^{ns}	0,1289 ^{ns}	0,2649 ^{ns}

FV: fontes de variação, NF: Numero de folhas, AP: Altura de planta, CR: comprimento de raiz, MSR: massa seca da raiz, MSPA: Massa seca parte aérea e MSN: massa seca dos nódulos e ICF: Índice de Clorofila Foliar. CV: coeficiente de variação. Valores de Quadrado médio acompanhados de *: significativo a 5% pelo teste F, e ns: não significativo. Letras iguais minúsculas: não diferem estatisticamente pelo teste Tukey A 5% de probabilidade.

Conforme evidenciado na Tabela 2, A interação significativa entre a inoculação com *Bradyrhizobium* e as doses de Ni para a massa seca de nódulos e o índice de clorofila foliar demonstra que

os efeitos desses fatores não são independentes. A inoculação com rizóbios é conhecida por melhorar o desempenho da cultura de amendoim por meio do aumento na nodulação e promoção do crescimento, o que, por sua vez, pode influenciar variáveis fisiológicas como a clorofila foliar (Wang et al., 2021). Em amendoim, pesquisas recentes mostram que a inoculação com *Bradyrhizobium* aumenta significativamente o número de nódulos e a biomassa aérea quando comparada ao tratamento sem inoculação, indicando efeito benéfico dos inoculantes sobre parâmetros de crescimento (Zhag et al., 2016).

O papel do Ni como micronutriente essencial para plantas leguminosas está relacionado com sua função como cofator em enzimas envolvidas no metabolismo do nitrogênio, como a urease e a hidrogenase, que são importantes para a fixação biológica de nitrogênio e a reciclagem de produtos nitrogenados no tecido vegetal (Carmo-Filho et al., 2025; Bosse, 2024). O Ni pode, portanto, influenciar a atividade metabólica dentro dos nódulos e processos fisiológicos ligados à fotossíntese que se refletem no índice de clorofila, o que explica a interação observada entre inoculação e doses de Ni em seu experimento.

Por outro lado, número de folhas, altura de plantas, número total de nódulos e massa seca da parte aérea não variaram significativamente em resposta isolada aos tratamentos de inoculação ou às doses de Ni. Isso sugere que essas variáveis morfológicas gerais podem ser menos sensíveis à adição de micronutrientes isolados ou à inoculação, também pela natureza robusta e de resposta tardia dessas variáveis e pelo estreito limiar entre essencialidade e toxicidade do Ni (Meiato et al., 2024). O Ni pode ter interferido negativamente na sobrevivência ou na atividade dos rizóbios ou que o período de avaliação foi insuficiente para que as diferenças fisiológicas iniciais que tendem a ser mais sensíveis, como aumento em açúcares, fenóis ou eficiência de carboxilação como observados em resultados estudos de Alves, (2024).

Em contraste, o comprimento de raiz e a massa seca de raiz foram significativamente influenciados pela inoculação, independentemente das doses de Ni. Esse resultado indica que a presença de *Bradyrhizobium* estimulou a arquitetura radicular, possivelmente devido a uma melhor fixação de nitrogênio que favoreceu o crescimento das raízes ou pela produção de substâncias bioativas na rizosfera que estimulam o desenvolvimento do sistema radicular. Respostas radiculares favorecidas pela inoculação com rizóbios são relatadas em estudo como consequência da melhoria no suprimento de nitrogênio e na dinâmica hormonal da planta, mesmo quando medidas acima do solo não mostram diferenças marcantes (Doha et al., 2024).

A ausência de resposta em variáveis de crescimento vegetativo e biomassa (altura de planta, número de folhas e massa seca da raiz e aérea) sugere que mesmo com a indução de estresses causados pelas doses elevadas de Ni nem a inoculação com *Bradyrhizobium* afetaram de modo mensurável o acúmulo de biomassa até o ponto de avaliação, como observados em estudos de tratamento em níveis sub-tóxicos ou nodulares do metabolismo do nitrogênio (Rodak et al., 2024).

A Análise de Componentes Principais (PCA) demonstrou que os dois primeiros componentes explicaram, conjuntamente, 68,6% da variabilidade total dos dados, sendo o primeiro componente (PC1) responsável por 47,8% e o segundo (PC2) por 20,7% da variação.

A distribuição espacial dos tratamentos no gráfico de dispersão (Figura 1) revelou uma separação nítida definida pela inoculação. Os tratamentos inoculados posicionaram-se majoritariamente à direita do PC1, associados a maiores valores de nodulação (NTN, MSN) e vigor vegetativo (AP, NF, MSPA), enquanto os tratamentos não inoculados agruparam-se na direção oposta. Esse comportamento evidencia que a simbiose rizóbio-leguminosa foi o fator determinante para a estruturação fenotípica das plantas, sobrepondo-se ao efeito isolado das doses de metal. Tais achados corroboram a literatura recente, que destaca a capacidade dos rizóbios em promover incrementos de biomassa e eficiência fisiológica, mesmo sob condições de estresse nutricional (Andrade et al., 2024; Wu; Yan, 2024).

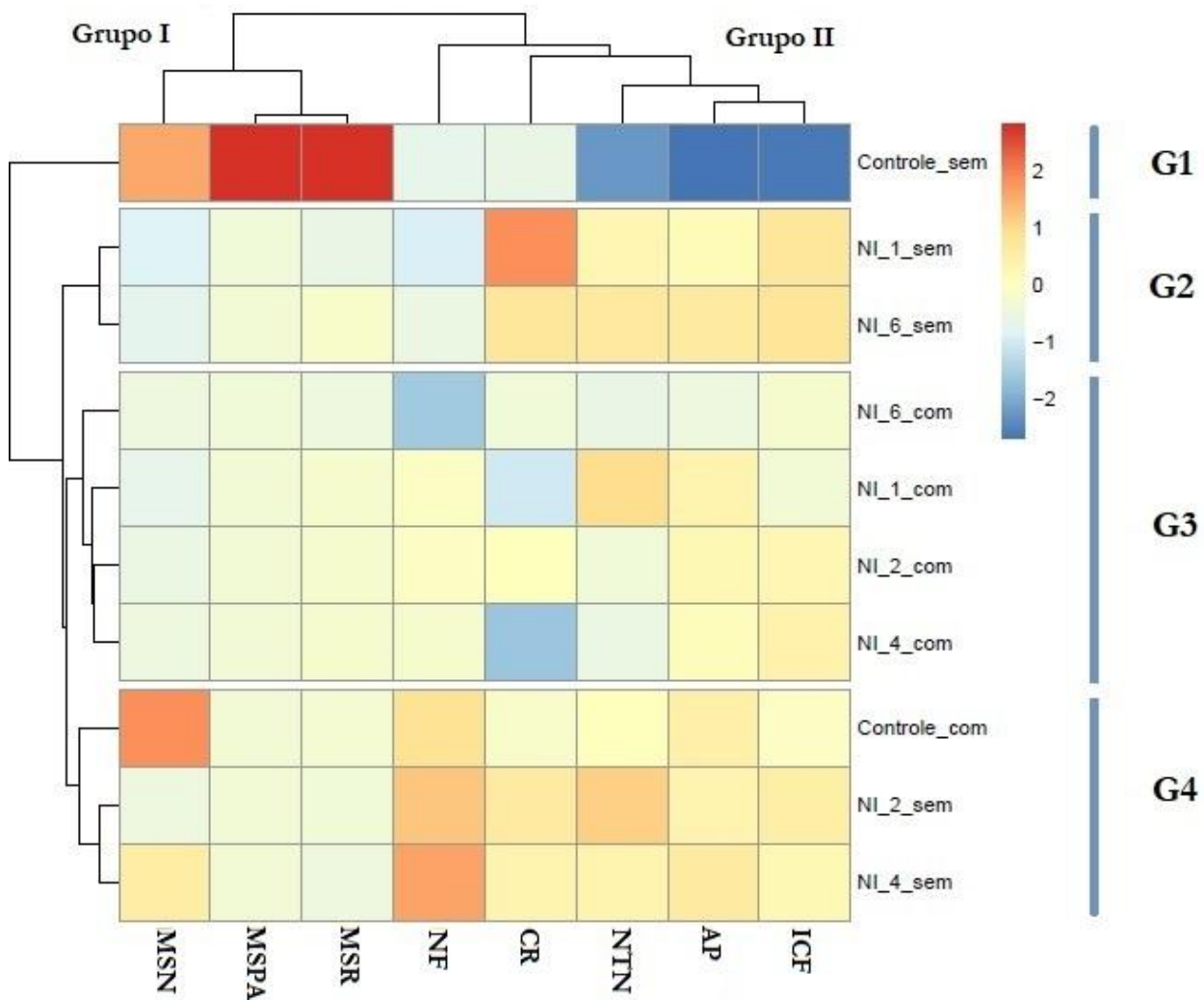


Figura 1. Mapa de calor (Heatmap) e agrupamento hierárquico das variáveis analisadas. No eixo horizontal as variáveis (MSN: massa seca dos nódulos; MSPA: Massa seca parte aérea NF: Numero de folhas, AP: Altura de planta, CR: comprimento de raiz, MSR: massa seca da raiz, e) em função dos

tratamentos (Controle_sem: 0,0 mg Ni, Controle_com: 0,0 mg Ni + *Bradyrhizobium*, NI_1_sem: 1,0 mg Ni, NI_1_com: 1,0 mg Ni + *Bradyrhizobium*, NI_2_sem: 2,0 mg Ni, NI_2_com: 2,0 mg Ni + *Bradyrhizobium*, NI_4_sem: 4,0 mg Ni, NI_4_com: 4,0 mg Ni + *Bradyrhizobium*, NI_6_sem: 6,0 mg Ni, NI_6_com: 6,0 mg Ni + *Bradyrhizobium*). Cores quentes indicam valores superiores e cores frias valores inferiores. Fonte: Martins et al., 2025.

Para visualizar detalhadamente essas associações, o Heatmap com agrupamento hierárquico (Figura 1) demonstrou que as plantas inoculadas formaram um cluster homogêneo com valores padronizados (z-score) superiores para as variáveis de crescimento e nodulação. Em contrapartida, as plantas não inoculadas apresentaram, em geral, desempenho inferior, especialmente nas doses mais elevadas de Ni. A interação observada sugere um efeito protetor da simbiose: enquanto as doses 4,0 mg de Ni kg⁻¹ e 6,0 mg de Ni kg⁻¹ de solo de Ni tendem a inibir o crescimento em plantas não inoculadas, a presença de *Bradyrhizobium* parece mitigar essa toxicidade, mantendo a homeostase do crescimento. Esse mecanismo de tolerância simbiótica a metais é suportado por estudos de Li et al. (2024) e Mendes et al. (2023), que apontam o papel do níquel na ativação da urease e no metabolismo do nitrogênio quando em concentrações adequadas e na presença de simbiontes eficientes.

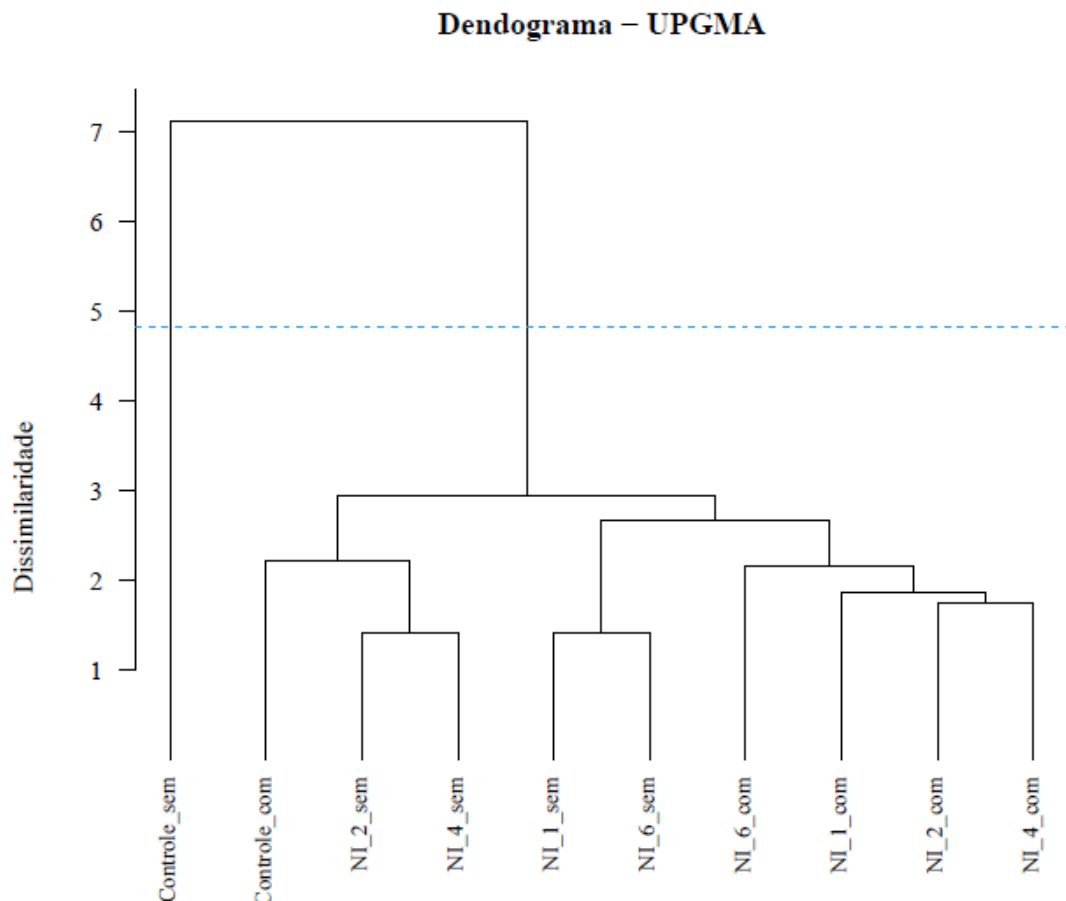


Figura 4. Dendrograma de dissimilaridade (UPGMA) entre os tratamentos de doses de níquel e inoculação. Eixo Y: Dissimilaridade. Representa a distância (ou o quão diferentes) os tratamentos são uns dos outros. Eixo X: Tratamentos. Quanto maior o valor, mais diferentes os grupos estão. Fonte: Martins et al., 2025.

A análise de agrupamento no Dendograma UPGMA (Figura 4) confirmou a formação de dois grandes grupos principais baseados na inoculação. As ramificações internas do dendograma refletiram as doses de Ni, reforçando a interpretação de que o metal atua como um modulador fino dentro dos grupos fenotípicos já estabelecidos pela simbiose. Evidências recentes indicam que essa ação modular depende fortemente da dose aplicada (Bibi et al., 2025; Kumar et al., 2022). Diversos estudos relatam um comportamento hormético, no qual baixas concentrações de Ni promovem estímulos ao crescimento, à atividade antioxidante e ao metabolismo secundário, enquanto concentrações elevadas resultam em inibição fisiológica e indução de estresse oxidativo (Bibi et al., 2025; Kumar et al., 2022; Manna; Bandyopadhyay, 2021).

Esse padrão dose-dependente sugere que o Ni não altera apenas respostas gerais entre tratamentos, mas modula características fenotípicas dentro de grupos previamente definidos por outros fatores, como a presença de simbiose ou condições ambientais específicas. Evidências recentes mostram que o Ni modula respostas fenotípicas e fisiológicas de forma dose-dependente em diferentes espécies e contextos ambientais, inclusive dentro de grupos definidos por fatores como estágio de desenvolvimento ou simbiose (Kumar et al., 2022; Altaf et al. 2022; Bosse et al., 2024). Em análises multivariadas, como a análise de agrupamento hierárquico, essas variações tendem a se manifestar nas ramificações internas dos dendrogramas, indicando diferenças fisiológicas e bioquímicas associadas às concentrações de Ni (Feng et al., 2024). Assim, o níquel deve ser compreendido não apenas como elemento nutricional, mas como um fator regulador capaz de ajustar respostas metabólicas e fenotípicas em plantas de maneira dependente da dose.

Em síntese, os resultados indicam que a inoculação com a estirpe SEMIA 6144 é uma estratégia eficaz para promover o crescimento do amendoim e aumentar sua resiliência a variações nas concentrações de níquel no solo. A forte interação entre os fatores sugere que a recomendação de adubação com micronutrientes como o Ni deve considerar o status simbiótico da cultura, visto que a inoculação potencializa os benefícios de doses baixas e protege contra excessos, concordando com as observações de Bosse et al. (2024) sobre a sinalização química em leguminosas.

CONCLUSÃO

A inoculação com *Bradyrhizobium* (SEMIA 6144) é o fator primordial para o desempenho morfofisiológico superior do amendoim (aumento de nodulação, altura e biomassa), sobrepondo-se às doses de níquel (Ni). E as doses de Ni atuaram como moduladores secundários, sendo que a inoculação se mostrou uma estratégia eficaz ao garantir o aporte de nitrogênio e, simultaneamente, mitigar os potenciais efeitos limitantes de altas doses de Ni na cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alibakhshi, M., & Khoshgoftarmanesh, A. H. (2015). Effects of nickel nutrition in the mineral form and complexed with histidine on nitrogen metabolism of onion bulb. *Plant Growth Regulation*, 75, 733–740. <https://doi.org/10.1007/s10725-014-9975-z>.
- Altaf, M., Hao, Y., He, C., Mumtaz, M., Shu, H., Fu, H., & Wang, Z. (2022). Physiological and Biochemical Responses of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seedlings to Nickel Toxicity. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.950392>.
- Alves, G. de O. (2024). Níquel disponível no solo e o seu efeito em plantas de soja sob déficit hídrico [Dissertação de mestrado]. Universidade Federal de Viçosa. <https://locus.ufv.br/handle/123456789/32666>.
- Andrade, D., Lovato, G., Kaschuk, G., & Hungria, M. (2024). Does coinoculation with bradyrhizobia and cyanobacteria improve groundnut growth and yield?. *Experimental Agriculture*, 60. <https://doi.org/10.1017/s0014479723000285>.
- Bhering, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17: 187-190p, 2017.
- Bibi, S., Uddin, S., Anas, M., Elahi, M., Iqbal, J., Khan, S., Mahmoodi, M., Kazi, M., Alanazi, F., & Quraishi, U. (2025). Investigating the role of bulk and nano nickel in amelioration of morphophysiology and photosynthetic activity of *Triticum aestivum* L. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-98964-3>.
- Bonku, R., & Yu, J. M. (2020). Health aspects of peanuts as an outcome of its chemical composition. *Food Science and Human Wellness*, 9, 21–30. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.12.005>.
- Bosse, M., De Carvalho Mendes, N., Vicente, E., Tezotto, T., & Reis, A. (2024). O níquel aumenta a biossíntese de daidzeína nas raízes, incrementando a nodulação, a fixação biológica de nitrogênio e a produção de sementes de plantas de soja. *Environmental and Experimental Botany*. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2024.105685>.
- Brown, P. H., Welch, R. M., & Cary, E. E. (1987). Nickel: A micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiology*, 85(3), 801–803. <https://doi.org/10.1104/pp.85.3.801>.
- Carmo-Filho, A. d. S., Rego, C. H. Q., Ribeiro, G. d. F. R., Alves, R. M., Almeida, L. A. d., Rodak, B. W., Lavres, J., & Gomes-Junior, F. G. (2025). Seed-Applied Cobalt, Molybdenum, and Nickel Improve Nitrogen Metabolism in Soybean Plants Across Seed Vigor Levels. *Plants*, 14(21), 3368. <https://doi.org/10.3390/plants14213368>.
- Çiftçi, S., & Suna, G. (2022). Functional components of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) and health benefits: A review. *Future Foods*, 5, 100140. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100140>.
- Doha, N., Salem, G., Elgaml, N., Awad, A., & Fathi Ismail Ali, D. (2024). Effects of co-inoculation of *Bradyrhizobium* and cyanobacteria strains on growth parameters and yield of peanut (*Arachis hypogaea*

- L.) plants in sandy soils. *Environment, Biodiversity and Soil Security*, 8(2024), 147-163. Doi: 10.21608/jenvbs.2024.338639.1257.
- El-Sherbeny, T. M. S., Mousa, A. M., & Zhran, M. A. (2022). Response of peanut plant (*Arachis hypogaea* L.) to biofertilizer and plant residues in sandy soil. *Environmental Geochemistry and Health*, 45, 253–265. <https://doi.org/10.1007/s10653-022-01302-z>.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2023). Embrapa indica cultivares de amendoim para o Nordeste. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1463533/embrapa-indica-cultivares-de-amendoim-para-o-nordeste>.
- Feng, F., Duan, Q., Jiang, X., Kao, X., & Zhang, D. (2024). DendroX: multi-level multi-cluster selection in dendrograms. *BMC Genomics*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10048-0>.
- Freitas, D. S., Rodak, D. W., Reis, A. R., Reis, F. B., Carvalho, T. S., Schulze, J., Carneiro, M. A. C., & Guilherme, L. R. G. (2018). Hidden nickel deficiency? Nickel fertilization via soil improves nitrogen metabolism and grain yield in soybean genotypes. *Frontiers in Plant Science*, [S.l.], v. 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00614>.
- Kumar, S., Wang, M., Liu, Y., Fahad, S., Qayyum, A., Jadoon, S., Chen, Y., & Zhu, G. (2022). Nickel toxicity alters growth patterns and induces oxidative stress response in sweetpotato. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1054924>.
- Lavres, J., Franco, G. C., & Câmara, G. M. de S. (2016). Nickel seed treatment improves nitrogen fixation and urease activity in soybean. *Frontiers in Environmental Science*, 4, Article 37. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2016.00037>.
- Li, Y., Liu, Q., Zhang, D., Zhang, Z., Xu, A., Jiang, Y., & Chen, Z. (2024). Metal nutrition and transport in the process of symbiotic nitrogen fixation. *Plant Communications*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2024.100829>.
- Macedo, F. G. de, Bresolin, J. D., Santos, E. F., Furlan, F., da Silva, W. T. L., Polacco, J. C., & Lavres, J. (2016). Nickel availability in soil as influenced by liming and its role in soybean nitrogen metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 7, Article 1358. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01358>.
- Manna, I., Sahoo, S., & Bandyopadhyay, M. (2021). Effect of Engineered Nickel Oxide Nanoparticle on Reactive Oxygen Species–Nitric Oxide Interplay in the Roots of *Allium cepa* L. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.586509>.
- Meiato, A. B., Lima, M. V. G., Magalhães, M. O. L., Martinez, R. A. S., Barros, L. H. da S., & Santi, A. (2024). Doses de níquel na cultura da soja em área de transição da Amazônia Legal. *Revista Principia*, 61(4), 1082–1098. <https://doi.org/10.18265/2447-9187a2022id7531>.
- Mendes, N., Cunha, M., Bosse, M., Silva, V., Moro, A., Agathokleous, E., Vicente, E., & Reis, A. (2023). Physiological and biochemical role of nickel in nodulation and biological nitrogen fixation in *Vigna unguiculata* L. Walp.. *Plant physiology and biochemistry: PPB*, 201, 107869. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.107869>.

- Mondal, M., Skalický, M., Garai, S., Hossain, A., Sarkar, S., Banerjee, H., Kundu, R., Brestič, M., Barutçular, C., Erman, M., El Sabagh, A., & Laing, A. M. (2020). Supplementing nitrogen in combination with *Rhizobium* inoculation and soil mulch in peanut (*Arachis hypogaea* L.) production system: Part I. Effects on productivity, soil moisture, and nutrient dynamics. *Agronomy*, 10(10), 1582. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101582>.
- Nunes, Y. C., Santos, G. O., Machado, N. M., Otoboni, A. M. M. B., Laurindo, L. F., Bishayee, A., Fimognari, C., & Barbalho, S. M. (2023). Peanut seeds and by-products (*Arachis hypogaea* L.) in metabolic syndrome and cardiovascular disorders: A systematic review of clinical studies. *Phytomedicine*, 123, 155170. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2023.155170>.
- Raij, B. van., Andrade, J. C., Cantarella, H., Quaggio, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.
- Ramos, L. F., Sobrinho, P. de, Luz, P. B. da, Batista, G. M. R., & Leal, E. M. (2025). Produção de amendoim em diferentes densidades populacionais. *Revista JRG de Estudos Acadêmicos*, 8(19). <https://doi.org/10.55892/jrg.v8i19.2503>.
- Rodak, B. W., Freitas, D. S., Rossi, M. L. (2024). Um estudo sobre métodos de aplicação de níquel para otimizar o crescimento da soja. *Scientific Reports*, 14, 10556. <http://doi.org/10.1038/s41598-024-58149-w>.
- Shang, J. Y., Wu, Y., Huo, B., Chen, L., Wang, E. T., Sui, Y., Chen, W. F., Tian, C. F., Chen, W. X., & Sui, X. H. (2021). Potential of Bradyrhizobia inoculation to promote peanut growth and beneficial Rhizobacteria abundance. *Journal of applied microbiology*, 131(5), 2500–2515. <https://doi.org/10.1111/jam.15128>.
- Steiner, F., de Queiroz, L. F. M., Zuffo, A. M., da Silva, K. C., & Lima, I. M. de O. (2021). Peanut response to co-inoculation of *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* and molybdenum application in sandy soil of the Brazilian Cerrado. *Agronomy Journal*, 113, 623–632. <https://doi.org/10.1002/agj2.20519>.
- Todero, A. S., Pereira, F. de O., Reato, P. T., & Mignoni, M. L. (2024). Propriedades e características do amendoim (*Arachis hypogaea* L.): Da lavoura ao produto – uma revisão. *Revista Perspectiva*, 48(182), 119–131. <https://doi.org/10.31512/persp.v.48.n.182.2024.422.p.119-131>.
- Witte, C. (2011). Urea metabolism in plants. *Plant Science*, 180(3), 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.11.010>.
- Wu, J., & Yan, S. (2024). Natural Nitrogen Boosters: The Symbiotic Relationship Between Legumes and Rhizobia. *Molecular Soil Biology*. <https://doi.org/10.5376/msb.2024.15.0009>.
- Yurchenko, S., Kulyk, M., Holomis, A., Krupa, Y., & Korzh, S. (2024). Influence of seed inoculation at pre-sowing on productivity formation of peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties. *Agriculture and Forestry*, 4(35), 48–60. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-5>.

Zhang, W., Wang, H., Wang, X., Xie, X., Siddique, Md. A., Xu, R., & Dai, C. (2016). Enhanced nodulation of peanut when co-inoculated with fungal endophyte *Phomopsis liquidambari* and *bradyrhizobium*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 98(1), 0981-9428. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.11.002>.

Índice Remissivo

B

Bibliometria, 63
Bradyrhizobium, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41

C

Consumo de energia elétrica, 23

D

Dissimilaridade, 40
DOI, 4, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66

H

Handle System, 58, 60, 61, 64, 65

I

Interoperabilidade, 62

M

Mapa de calor, 39
Metadados, 61

P

Princípios FAIR, 62

Sobre os autores/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 237 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 131 resumos simples/expandidos, 86 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 23 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto II na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



 **Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo**

Pedagoga, graduada em Pedagogia (2020) na Faculdades Integradas de Cassilândia (FIC). Estudante de Especialização em Alfabetização e Letramento na Universidade Cathedral (UniCathedral). É editora Técnico-Científico da Pantanal Editora. Contato: rlustosa@hotmail.com.br



  **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 182 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 69 organizações de e-books, 53 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora, e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com



  **Bruno Rodrigues de Oliveira**

Graduado em Matemática pela UEMS/Cassilândia (2008). Mestrado (2015) e Doutorado (2020) em Engenharia Elétrica pela UNESP/Ilha Solteira. Pós-doutorado pela UFMS/Chapadão do Sul na área de Inteligência Artificial aplicada na Engenharia Florestar/Agronômica. É editor da Pantanal Editora e da Revista Trends in Agricultural and Environmental Sciences e Analista no Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul. Tem experiência nos temas: Matemática, Processamento de Sinais via Transformada Wavelet, Análise Hierárquica de Processos, Teoria de Aprendizagem de Máquina e Inteligência Artificial, com ênfase em aplicações nas áreas de Engenharia Biomédica, Ciências Agrárias e Organizações Públicas. Contato: bruno@editorapantanal.com.br



 **Aris Verdecia Peña**

Médica, graduada em Medicina (1993) pela Universidad de Ciencias Médica de Santiago de Cuba. Especialista em Medicina General Integral (1998) pela Universidad de Ciencias Médica de Santiago de Cuba. Especializada em Medicina en Situaciones de Desastre (2005) pela Escola Latinoamericana de Medicina em Habana. Diplomada em Oftalmología Clínica (2005) pela Universidad de Ciencias Médica de Habana. Mestrado em Medicina Natural e Bioenergética (2010), Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba, Cuba. Especializada em Medicina Familiar (2016) pela Universidade de Minas Gerais, Brasil. Profesora e Instructora da Universidad de Ciencias Médicas de Santiago de Cuba (2018). Ministra Cursos de pós-graduação: curso Básico Modalidades de Medicina Tradicional em urgências e condições de desastres. Participou em 2020 na Oficina para Enfrentamento da Covi-19. Atualmente, possui 11 artigos publicados, e dez organizações de e-books.



9786585756822



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