REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MICRORGANISMOS PROMOTORES DE CRESCIMENTO NA PRODUÇÃO DA SOJA NO CERRADO MARANHENSE

GROWTH-PROMOTING MICROORGANISMS IN SOYBEAN PRODUCTION IN THE MARANHÃO CERRADO

MICROORGANISMOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN EL CERRADO MARANHENSE

Fernando Freitas Pinto Júnior[1], Hosana Aguiar Freitas De Andrade[2], Luiz Alberto Melo De Sousa[3], Gerson Freitas Vieira Neto[4], Gilcyvan Costa De Sousa[5], Deise De Araujo Monteiro[6], Ismênia Ribeiro De Oliveira[7], Raissa Rachel Salustriano Da Silva-Matos[8]

e788718
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i8.8718

PUBLICADO: 08/2026

RESUMO

A produção agrícola é uma das principais geradoras de renda e riqueza no Brasil. Nesse contexto, a soja destaca-se nas regiões Norte e Nordeste, especialmente no bioma Cerrado, uma das últimas fronteiras agrícolas do país. O crescimento populacional e as mudanças climáticas reforçam a necessidade de intensificar a produção por meio de sistemas mais sustentáveis. Assim, objetivou-se avaliar os componentes de produção, suas correlações e o custo econômico do manejo convencional em comparação ao manejo com microrganismos promotores de crescimento na cultura da soja no Cerrado maranhense. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com dois tratamentos: manejo convencional (MC) e manejo biológico (MB), ambos com cinco repetições. Foram avaliadas altura da planta, diâmetro do caule, número de vagens, número de grãos por planta, número de ramificações, altura da primeira vagem, massa fresca e seca da parte aérea, área foliar, peso de mil grãos e produtividade. Os dados foram submetidos à análise descritiva, teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, teste de Kruskal-Wallis e correlação de Pearson. Também foi realizado um comparativo de custos entre os manejos. Os resultados indicaram que o uso de microrganismos promotores de crescimento na soja (*Glycine max* (L) Merri.) proporcionou produtividade semelhante à obtida com o manejo convencional no Cerrado maranhense.

PALAVRAS-CHAVE: Agricultura sustentável. *Glycine max*. Insumos biológicos.

ABSTRACT

Agricultural production has become one of the main generators of income and wealth in Brazil. In this context, soybean cultivation stands out in the North and Northeast regions, especially in the Cerrado biome, one of the country's last agricultural frontiers. Population growth and climate change reinforce the need to intensify production through more sustainable systems.

[1] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), Centro de Ciências de Chapadinha, Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
[2] Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Doutora em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI).
[3] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Engenheiro Agrônomo.
[4] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM), Centro de Ciências de Chapadinha, Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA).
[5] Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA), Campus Paulo VI, Doutorando em Ciência Animal pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
[6] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Graduanda em Agronomia.
[7] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Doutora em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).
[8] Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências de Chapadinha, Doutora em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Therefore, this study aimed to evaluate production components, their correlations, and the economic cost of conventional management compared with management using plant growth-promoting microorganisms in soybean cultivation in the Maranhão Cerrado. The experiment was conducted in a randomized block design with two treatments: conventional management (CM) and biological management (BM), both with five replications. The variables evaluated were plant height, stem diameter, number of pods, number of grains per plant, number of branches, first pod height, shoot fresh and dry mass, leaf area, thousand-grain weight, and grain yield. Data were subjected to descriptive analysis, the Kolmogorov-Smirnov normality test, the Kruskal-Wallis test, and Pearson correlation analysis. A cost comparison between the management systems was also performed. The results indicated that the use of plant growth-promoting microorganisms in soybean (Glycine max (L.) Merr.) provided productivity similar to that obtained under conventional management in the Maranhão Cerrado.

KEYWORDS: *Sustainable agriculture. Glycine max. Biological inputs.*

RESUMEN
La producción agrícola se ha consolidado como una de las principales generadoras de ingresos y riqueza en Brasil. En este contexto, el cultivo de soja destaca en las regiones Norte y Nordeste, especialmente en el bioma Cerrado, una de las últimas fronteras agrícolas del país. El crecimiento poblacional y los cambios climáticos refuerzan la necesidad de intensificar la producción mediante sistemas más sostenibles. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar los componentes de producción, sus correlaciones y el costo económico del manejo convencional en comparación con el manejo que utiliza microorganismos promotores del crecimiento vegetal en el cultivo de soja en el Cerrado maranhense. El experimento se llevó a cabo en un diseño de bloques al azar con dos tratamientos: manejo convencional (MC) y manejo biológico (MB), ambos con cinco repeticiones. Se evaluaron la altura de la planta, el diámetro del tallo, el número de vainas, el número de granos por planta, el número de ramificaciones, la altura de la primera vaina, la masa fresca y seca de la parte aérea, el área foliar, el peso de mil granos y el rendimiento de granos. Los datos fueron sometidos a análisis descriptivo, prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, prueba de Kruskal-Wallis y análisis de correlación de Pearson. También se realizó una comparación de costos entre los sistemas de manejo. Los resultados indicaron que el uso de microorganismos promotores del crecimiento en soja (Glycine max (L.) Merr.) proporcionó una productividad similar a la obtenida con el manejo convencional en el Cerrado maranhense.

PALABRAS CLAVE*: Agricultura sostenible. Glycine max. Insumos biológicos.*

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, com 40,95 milhões de hectares plantados e produtividade média de 3.029 kg ha^{-1} (CONAB, 2022; Hamawaki *et al*., 2018; Serafim *et al*., 2019). No MATOPIBA, a cultura possui grande importância econômica, destacando-se o Maranhão com 3,57 milhões de toneladas produzidas e produtividade de 3.324 kg ha^{-1} (Freitas; Buosi, 2018; Batistella *et al*., 2013; Conab, 2022).

O crescimento populacional, as mudanças climáticas e o uso intensivo de insumos químicos representam desafios à agricultura (Avila *et al*., 2021; Cang *et al*., 2018). Nesse

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

contexto, microrganismos promotores de crescimento auxiliam no controle de fitopatógenos e na tolerância a estresses (Alekseeva *et al*., 2019; Gabardo *et al*., 2020).

A produção on-farm de microrganismos tem crescido pelos benefícios agronômicos e econômicos (Santos *et al*., 2022; Trevisol, 2022; Werner, 2020; Du Jardin, 2015; Xavier, 2022; Inácio; Freitas, 2020). Assim, objetivou-se avaliar os componentes de produção, suas correlações e o custo econômico dos manejos convencional e biológico na cultura da soja no Cerrado maranhense.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. Importância econômica da soja

O Brasil é o maior produtor mundial de soja, sendo essa cultura uma das principais fontes de proteína vegetal para alimentação humana e animal (Migliorin; Milani, 2021; Rodrigues, 2021). Nas últimas décadas, a soja ocupou cerca de 49% da área plantada com grãos no país, consolidando sua importância agrícola.

No Maranhão, a soja ocupa 1,08 milhões de hectares, com produção de 3,57 milhões de toneladas na safra 2021/22, representando 2,84% da produção brasileira (Conab, 2022). O modelo produtivo caracteriza-se por monoculturas extensivas, uso de insumos químicos e biotecnológicos, tecnologias digitais e participação de grandes empresas (Castillo *et al*., 2021; Castillo; Bernardes, 2019). A Mesorregião Sul do Maranhão concentra a maior área cultivada, com destaque para Balsas, enquanto o Leste Maranhense apresenta expansão da cultura, com 153.082 ha plantados e destaque para Chapadinha, com 57.600 ha (IBGE, 2022). Esse avanço demonstra a formação de novas regiões produtoras e o aumento da competitividade regional (Castillo; Bernardes, 2019).

1.2. Utilização de produtos biológicos na produção de soja

O uso de produtos biológicos na agricultura tem aumentado devido aos benefícios econômicos e à eficiência no manejo integrado das culturas (Santos *et al*., 2020), destacando-se bioestimulantes e biopesticidas derivados de microrganismos como *Trichoderma* spp., *Beauveria bassiana* e *Bacillus* spp. (Adesemoy, 2017; Gabardo *et al*., 2020).

Na soja, esses microrganismos contribuem para o controle biológico de doenças, insetos e ácaros, favorecendo sistemas produtivos mais sustentáveis (Bettiol; Morandi, 2009; Alekseeva *et al*., 2019; Mascarin; Pauli, 2010; Cuthbert *et al*., 2018; Wright; Bennett, 2018).

Os microrganismos promotores de crescimento favorecem a germinação, o enraizamento, a absorção de nutrientes e a resistência a fitopatógenos, além de estimular a produção de fitohormônios (Lima, 2020; Ratz *et al*., 2017; Paula *et al*., 2021).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

1.3. Importância dos microrganismos promotores de crescimento

Os insumos biológicos aumentam a produtividade e reduzem o uso de defensivos agrícolas, proporcionando benefícios econômicos, ambientais e sanitários, sendo o Brasil referência mundial no uso desses insumos (Santos *et al*., 2019; Vidal *et al*., 2020; Buranello, 2021).

Na cultura da soja, os microrganismos promotores de crescimento atuam de forma complementar à associação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, responsáveis pela formação dos nódulos radiculares e pela fixação biológica de nitrogênio (FBN), processo essencial para o desenvolvimento fisiológico, crescimento vegetativo e produtividade da cultura (Hungria; Campo; Mendes, 2007; Hungria; Nogueira; Araujo, 2015).

Os bioinsumos atuam como bioestimulantes e biofertilizantes, promovendo a síntese de fitohormônios e a melhoria dos processos fisiológicos das plantas (Medeiros; Espindola, 2018; FAO, 2021; Nascimento *et al*., 2021; Lopes *et al*., 2021). Bactérias do gênero *Bacillus* favorecem o crescimento vegetal, reduzem estresses e aumentam a disponibilidade de nutrientes essenciais por meio da produção de auxinas (AIA), citocininas, giberelinas, ACC desaminase e outros metabólitos que regulam o desenvolvimento das plantas (Khoshru *et al*., 2020; Lopes *et al*., 2021; Taiz; Zeiger, 2017; Van Oosten *et al*., 2017; Mitter *et al*., 2021; Varma *et al*., 2019). A biotecnologia microbiana contribui para a agricultura sustentável ao reduzir o uso de fertilizantes, herbicidas e pesticidas, aumentar a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos e diminuir custos de produção e impactos ambientais (Dal Cortivo *et al*., 2017; Khoshru *et al*., 2020; Msimbira; Castaño *et al*., 2021; Umesha *et al*., 2018; Hesham *et al*., 2021).

2. METODOLOGIA

2.1. Localização

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Aliança localizada no município de Buriti, estado do Maranhão, Brasil. As coordenadas geográficas correspondem à latitude 03º47’50”S e longitude 43º11’18”W com altitude de 110 m (Figura 1).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

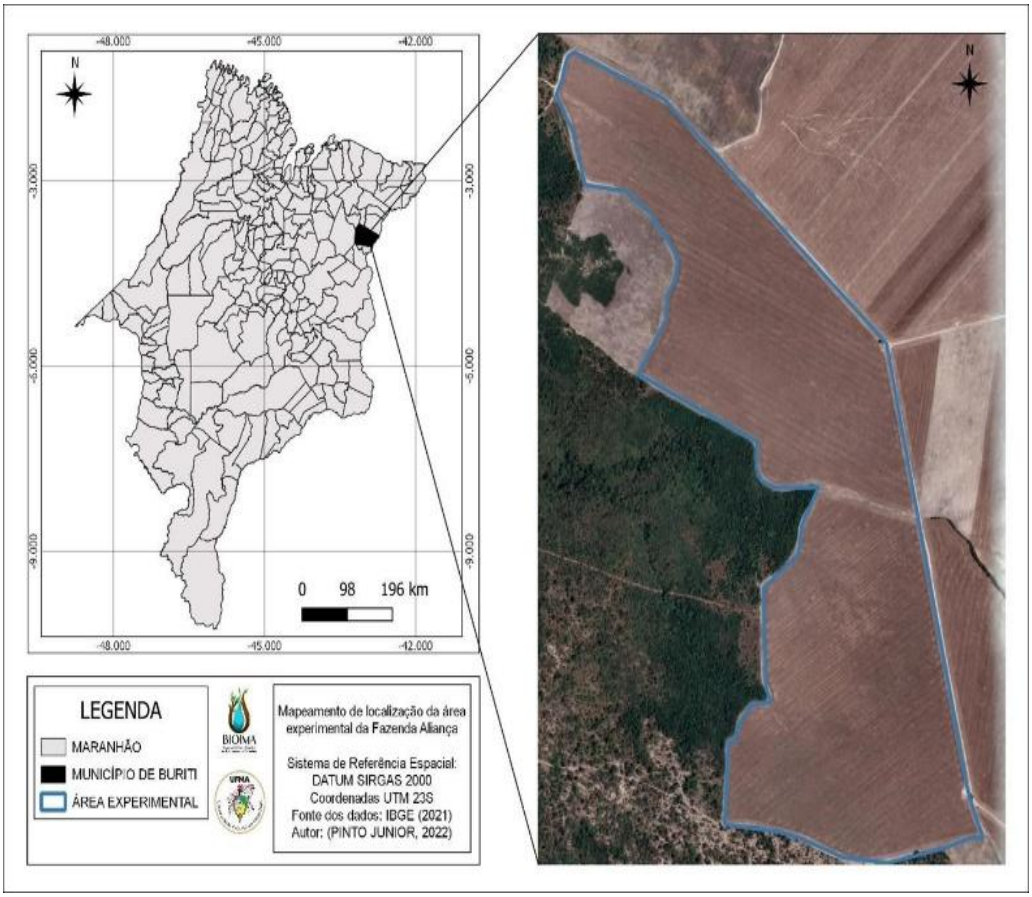
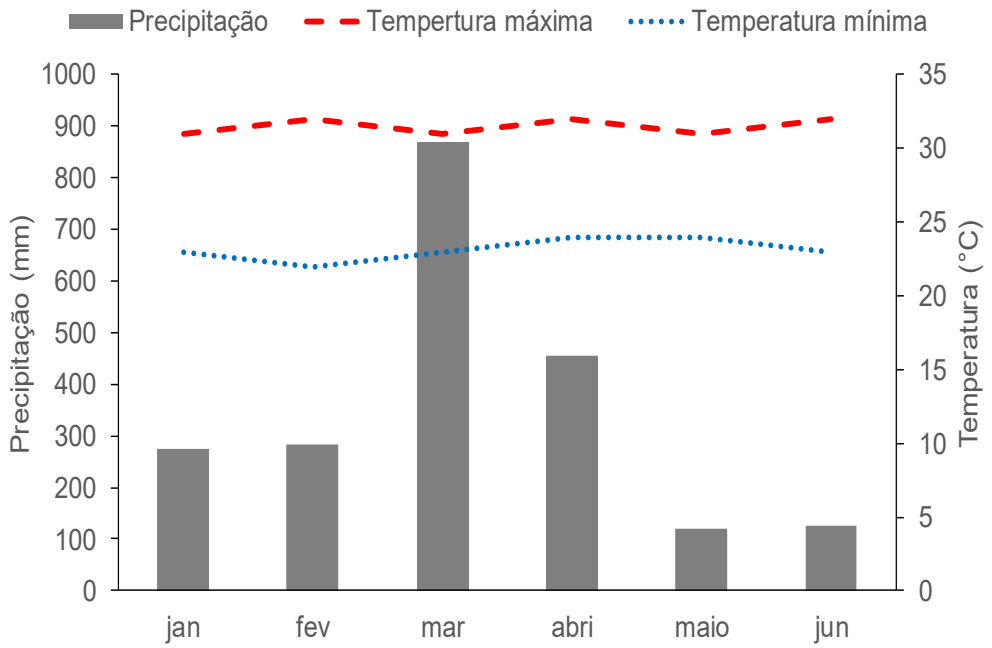


Figura 1. Mapa de localização da área experimental

Segundo Alvares *et al.* (2013), o clima da região é do tipo Aw, com temperatura média anual de 27,3 °C e precipitação pluviométrica média anual de 2.125 mm. Durante a condução do experimento, adotou-se o sistema de cultivo mínimo, com leve gradagem para minimizar o revolvimento do solo. Utilizou-se a cultivar de soja 'FTR 3190 IPRO', com densidade de 180.000 plantas ha^{-1}, espaçamento de 0,50 m entre linhas e semeadura sobre palhada de milheto. A Figura 2 apresenta o acumulado mensal de precipitação pluvial e a temperatura média do ar durante o período experimental.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Figura 2. Precipitação pluvial médias mensais e temperaturas do ar registradas durante o experimento, no período de janeiro a junho de 2022 na Fazenda Aliança



2.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados constituídos por dois tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos corresponderam a: MC: manejo convencional (padrão fazenda) e MB: manejo biológico (utilização de microrganismos promotores de crescimento).

2.3. Análises realizadas

Foram avaliados os componentes de produção, suas correlações e o custo econômico da utilização de microrganismos promotores de crescimento em comparação ao manejo convencional da fazenda.

As avaliações foram realizadas no estádio de maturação (R7), utilizando um quadrado de 1 m². Foram mensurados altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de vagens (NV), número de grãos por planta (NGP), número de ramificações na planta (NRP), altura da primeira vagem (APV), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da parte aérea (MFPA), área foliar (AF) por meio do software ImageJ® (Schneider *et al*., 2012), peso de mil

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

grãos (PMG) e produtividade de grãos a 14% de umidade (PROD). A MFPA e a MSPA foram determinadas pela pesagem das partes vegetativas, seguida de secagem em estufa com circulação forçada de ar a 65 ºC por aproximadamente 96 horas, até peso constante.

2.4. Manejo da multiplicação *on-farm*

A multiplicação dos microrganismos foi realizada na propriedade rural. As bactérias foram multiplicadas em biorreatores de polietileno com aeração, de forma isolada para cada espécie, durante 48 h a 28 ºC, utilizando meio de cultura líquido na concentração de 2 L ha^{-1} comercial. Os fungos foram multiplicados em reservatórios de inox com aeração e agitação, durante 48 h a 18 ºC. Para evitar contaminações, bactérias e fungos foram multiplicados em ambientes distintos. Após a multiplicação, os microrganismos foram armazenados sob refrigeração a 17 ºC. As Tabelas 1 e 2 apresentam os produtos utilizados e suas respectivas funções em cada manejo.

Tabela 1. Manejo convencional adotado pela propriedade rural durante o período experimental na Fazenda Aliança, Buriti - MA

MANEJO CONVENCIONAL	
Tratamento de sementes	
Princípio ativo	Função
Up Seeds	Enraizador
Fipronil	Inseticida
Ciantraniliprole	Inseticida
Fludioxonil + Metalaxil-M	Fungicida
Difenoconazol	Fungicida
Primeira aplicação	
Micronutrientes	Nutrição
Glifosato	Pós emergente
Propiconazol + Difenoconazol	Fungicida
Lufenurom	Inseticida
Segunda aplicação foliar	
Micronutrientes	Nutrição
Fluxapiroxade + Piraclostrobina	Fungicida
Mancozebe	Fungicida
Adjuvantes	Modificador de calda
Clorantraniliprole	Inseticida
Terceira aplicação	
Micronutrientes	Nutrição
Adjuvante	Modificador de calda
Tiametoxam + Lambda-cialotrina	Inseticida
Mancozebe	Fungicida
Quarta aplicação	

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Micronutriente	Nutrição
Acetamiprido + Fenpropatrina	Inseticida
Difenoconazol + Ciproconazol	Fungicida
Azoxistrobina + Ciproconazol	Fungicida
Adjuvantes	Modificador de calda
Piriproxifem	Inseticida
Quinta aplicação	
Azoxistrobina + Mancozebe + Tebuconazol	Fungicida
Adjuvantes	Modificador de calda

Tabela 2. Manejo biológico adotado pela propriedade rural durante o período experimental na Fazenda Aliança, Buriti - MA

MANEJO BIOLÓGICO	
Tratamento de sementes*	
Princípio ativo	Função
Trichoderma harzianum	Biofungicida
Bacillus amyloliquefaciens	Bionematicida; indutor de resistência
Bacillus licheniformis	Bionematicida; promotor de crescimento
Primeira aplicação	
Micronutrientes	Nutrição
Bacillus subtilis	Promotor de crescimento;
Beauveria bassiana	Bioinseticida
Trichoderma harzianum	Biofungicida
Chromobacterium subtsugae	Bioinseticida; inoculante
Bacillus amyloliquefaciens	Biofungicida; indutor de resistência
Bacillus licheniformis	Bionematicida; promotor de crescimento
Segunda aplicação	
Micronutrientes	Nutrição
Bacillus subtilis	Promotor de crescimento;
Beauveria bassiana	Bioinseticida
Trichoderma harzianum	Biofungicida
Chromobacterium subtsugae	Bioinseticida; inoculante
Bacillus amyloliquefaciens	Biofungicida; indutor de resistência
Bacillus licheniformis	Bionematicida; promotor de crescimento
Terceira aplicação	
Micronutrientes	Nutrição
Bacillus subtilis	Promotor de crescimento;
Beauveria bassiana	Bioinseticida
Trichoderma harzianum	Biofungicida
Chromobacterium subtsugae	Bioinseticida; inoculante
Bacillus amyloliquefaciens	Biofungicida; indutor de resistência
Bacillus licheniformis	Bionematicida; promotor de crescimento
Quarta aplicação	
Micronutrientes	Nutrição
Bacillus subtilis	Promotor de crescimento;
Beauveria bassiana	Bioinseticida
Trichoderma harzianum	Biofungicida
Chromobacterium subtsugae	Bioinseticida
Bacillus amyloliquefaciens	Biofungicida; indutor de resistência

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Bacillus licheniformis	Bionematicida; promotor de crescimento
Quinta aplicação**	
Bacillus subtilis	Promotor de crescimento;
Beauveria bassiana	Bioinseticida
Trichoderma harzianum	Biofungicida
Chromobacterium subtsugae	Bioinseticida
Bacillus amyloliquefaciens	Biofungicida; indutor de resistência
Bacillus licheniformis	Bionematicida; promotor de crescimento

*Utilizou-se inseticidas com princípios ativos a base de Fipronil e Ciantraniliprole; **Inseticida com princípio ativo a base de Clorantraniliprole.

2.5. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise descritiva pelo procedimento UNIVARIATE. O teste de Kolmogorov foi utilizado como critério para avaliar a pressuposição de normalidade dos resíduos. Feito isso, os dados foram comparados pelo teste Kruskal-Wallis e foram elaborados boxplot para apresentação dos dados. Todas as análises foram realizadas no *Statistical Analysis System* (SAS® Inst. Inc., Cary, NC). O nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises realizadas.

Para análise estatística de correlação foi utilizado o programa Jamovi® (The jamovi Project, 2022), para calcular a matriz de correlações lineares de Pearson (r) entre os caracteres, na qual foi aplicado o teste Tukey a 1 e 5% de probabilidade de erro para testar significância dos coeficientes de correlação. Os dados de custos inerentes do processo produtivo foram obtidos durante a condução do experimento na propriedade rural.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

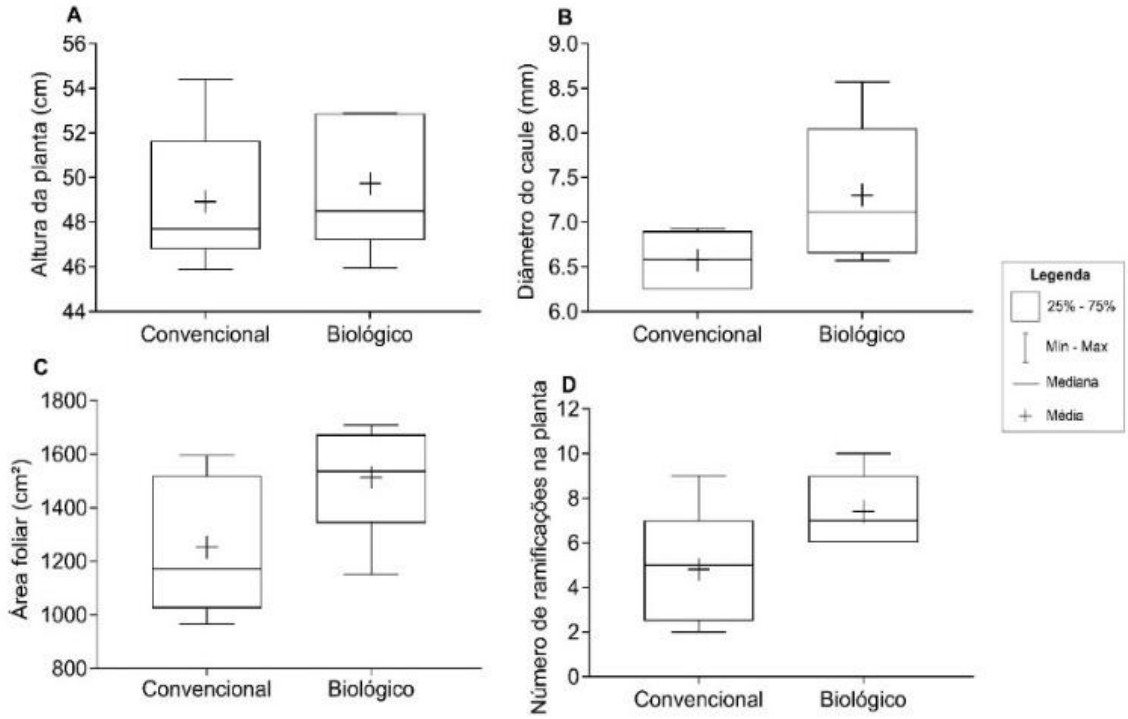
3.1. Análises biométricas

As variáveis foram submetidas ao teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$), sendo que apenas as variáveis número de vagens (NV) e número de grãos por planta (NGP) apresentaram diferença significativa. A variação dos resultados entre o manejo convencional e o manejo biológico foi representada por meio de gráficos do tipo boxplot. O boxplot inclui observações entre os quartis de 25% e 75%, com linhas que se estendem até os valores mínimo e máximo observados. A Figura 3 apresenta os boxplots das variáveis altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF) e número de ramificações por planta (NRP) da soja sob manejo convencional (MC) e manejo biológico (MB).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 3. Boxplot da altura da planta (A), diâmetro do caule (B), área foliar (C), e número de ramificações na planta (D) de soja submetida a manejo convencional e biológico. Chapadinha – MA



Para a altura de planta (AP), observou-se maior variabilidade dos dados, com valores inferiores aos encontrados por Bárbara Neto (2022), porém superiores aos relatados por Meneses (2017). Segundo Rocha *et al*. (2012), fatores como época de semeadura, espaçamento, disponibilidade hídrica, temperatura e fertilidade do solo podem influenciar essa característica. A similaridade observada entre os manejos pode estar associada à ação da bactéria *Bacillus amyloliquefaciens*, capaz de colonizar a rizosfera e estimular o crescimento vegetal (Oliveira Júnior, 2021).

Para diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), número de ramificações na planta (NRP) e matéria fresca da parte aérea (MFPA), não foram observadas diferenças estatísticas entre os

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

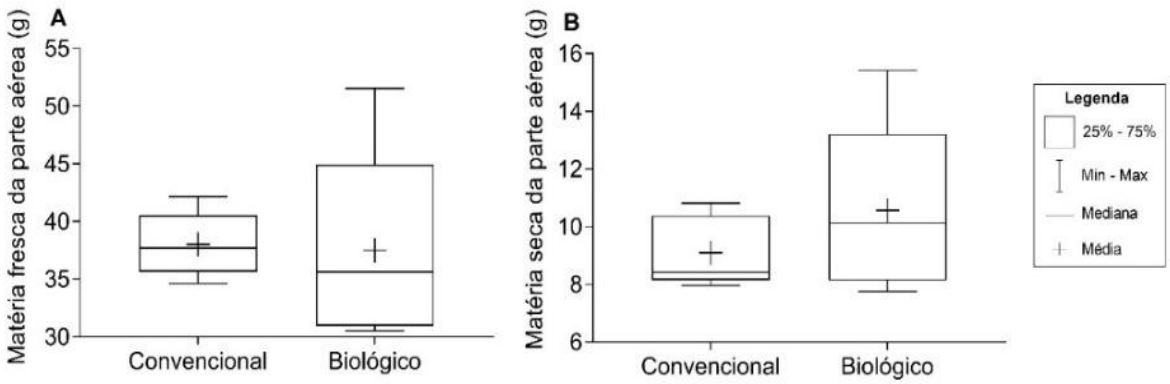
manejos. Maior DC está associado ao suporte de maior número de galhos e vagens, contribuindo para a produtividade (Carvalho *et al*., 2013).

Os valores de AF foram inferiores aos relatados por Choez-Quiroz *et al*. (2022) e Hussain *et al*. (2021), possivelmente devido às avaliações terem sido realizadas no estádio R7, quando ocorre senescência foliar e direcionamento dos fotoassimilados para o enchimento dos grãos.

Para NRP, os resultados foram superiores aos observados por Carmo *et al*. (2018) e semelhantes aos encontrados por Silva *et al*. (2020), sugerindo possível interação positiva dos microrganismos promotores de crescimento utilizados no manejo biológico. A Figura 4 apresenta os boxplots da matéria fresca da parte aérea (MFPA) e da matéria seca da parte aérea (MSPA). Santos *et al*. (2022b) encontraram valores médios de 66,31 g ao avaliarem as características agronômicas da soja em função da associação de *Bradyrhizobium japonicum* e adubação com NPK.

Para a matéria seca da parte aérea (MSPA), não houve diferença estatística entre os manejos. O manejo biológico apresentou limite inferior de 8,52 g, superior de 11,00 g e mediana de 10,10 g, enquanto o manejo convencional apresentou limite inferior de 8,35 g, superior de 9,94 g e mediana de 8,42 g (Figura 4). Mesmo sem diferença estatística ($p<0,05$), o manejo biológico apresentou valores superiores, possivelmente associados aos benefícios dos adubos biológicos na fertilidade do solo e na atividade microbiológica (Falcão *et al*., 2013).

Figura 4. Boxplot da matéria fresca da parte aérea (A) e matéria seca da parte aérea (B) de soja submetida a manejo convencional e biológico. Chapadinha - MA

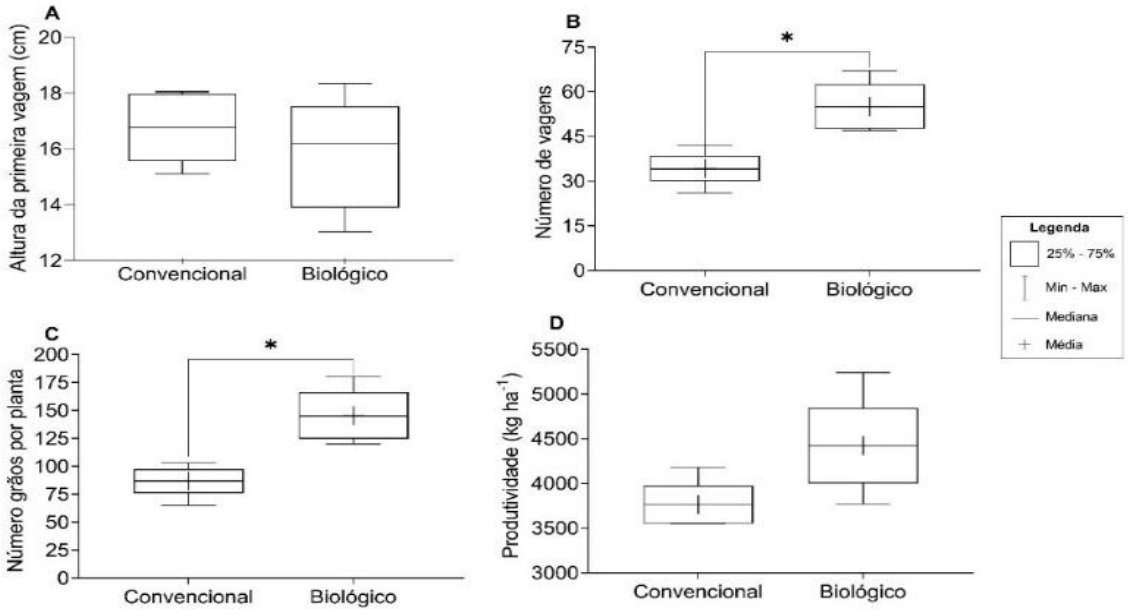


Para a altura da primeira vagem (APV), não houve efeito significativo, com mediana de 16,2 cm no manejo biológico e 16,8 cm no manejo convencional (Figura 5).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Figura 5. Boxplot da altura da primeira vagem (A), número de vagens (B), número de grão por planta (C) e produtividade (D) de soja submetida a manejo convencional e biológico. Chapadinha - MA



A altura da primeira vagem (APV) foi superior aos valores encontrados por Almeida (2021) e próxima ao padrão recomendado para colheita mecanizada (15 cm), podendo contribuir para a redução de perdas durante a operação (Pereira Júnior *et al*., 2010). O número de vagens (NV) e o número de grãos por planta (NGP) apresentaram efeito significativo, com superioridade do manejo biológico em relação ao convencional, superando resultados descritos por Ramos Junior *et al*. (2019), Silva *et al*. (2020) e Ourique *et al*. (2022).

O uso de *Bacillus licheniformis* pode favorecer o acúmulo de nitrogênio e a síntese de compostos essenciais ao crescimento vegetal (Marschner, 2012), além de contribuir para a melhoria da qualidade dos grãos de soja (Oliveira Júnior, 2021). Para produtividade (PROD), não houve diferença estatística entre os manejos, embora o tratamento biológico tenha apresentado maiores valores, superiores aos relatados por Rozatti *et al*. (2022). As bactérias promotoras de crescimento, como *B. subtilis*, podem estimular a fixação biológica de nitrogênio, o desenvolvimento radicular, a produção de fitohormônios e o acúmulo de nutrientes, favorecendo a produtividade (Bárbaro *et al*., 2009; Tavanti *et al*., 2019).

3.2. Correlação de Pearson

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A Tabela 3 apresenta os coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis biométricas e produtivas avaliadas.

Tabela 3. Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis: AP (em cm), DC (em mm), NV, NGP, APV (em cm), NRP, MFPA (em g), MSPA (em g) e PROD (em kg ha-1). Área convencional e biológico. Fazenda Aliança, Buriti – MA

CONVENCIONAL									
	AP	**DC**	**NV**	**NGP**	**APV**	**NRP**	**MFPA**	**MSPA**	**AF**
DC	-0.666^{ns}						Muito forte		
NV	0.293^{ns}	-0.145^{ns}					Forte		
NGP	0.233^{ns}	-0.281^{ns}	0.970**				Moderada		
APV	0.403^{ns}	0.189^{ns}	-0.487^{ns}	-0.659^{ns}			Fraca		
NRP	0.210^{ns}	0.177^{ns}	0.930*	0.820^{ns}	-0.251^{ns}		Sem correlação		
MFPA	-0.156^{ns}	0.487^{ns}	-0.181^{ns}	-0.287^{ns}	0.375^{ns}	0.036^{ns}			
MSPA	-0.107^{ns}	0.390^{ns}	0.410^{ns}	0.323^{ns}	-0.072^{ns}	0.547^{ns}	0.808^{ns}		
AF	-0.456^{ns}	-0.284^{ns}	-0.146^{ns}	0.071^{ns}	-0.696^{ns}	-0.390^{ns}	-0.001^{ns}	0.054^{ns}	
PROD	0.232^{ns}	-0.280^{ns}	0.970**	1.000***	-0.659^{ns}	0.821^{ns}	-0.284^{ns}	0.326^{ns}	0.071^{ns}
BIOLÓGICO									
	AP	**DC**	**NV**	**NGP**	**APV**	**NRP**	**MFPA**	**MSPA**	**AF**
DC	0.425^{ns}								
NV	0.479^{ns}	0.980**							
NGP	0.655^{ns}	0.924*	0.971**						
APV	0.511^{ns}	-0.160^{ns}	-0.245^{ns}	-0.147^{ns}					
NRP	-0.556^{ns}	0.444^{ns}	0.424^{ns}	0.222^{ns}	-0.702^{ns}				
MFPA	0.501^{ns}	0.994***	0.974**	0.939*	-0.101^{ns}	0.345^{ns}			
MSPA	0.501^{ns}	0.996***	0.977**	0.939*	-0.085^{ns}	0.369^{ns}	0.997***		
AF	-0.761^{ns}	-0.732^{ns}	-0.720^{ns}	-0.797^{ns}	-0.206^{ns}	0.237^{ns}	-0.804^{ns}	-0.771^{ns}	
PROD	0.656^{ns}	0.924*	0.971*	1.000***	-0.145^{ns}	0.221^{ns}	0.939*	0.939*	-0.796^{ns}

* p < .05, ** p < .01, *** p < .001. Classificado de acordo com Gavioli et al. (2019), onde 0 < r ≤ 0,2: sem correlação; 0,2 < r ≤ 0,4: correlação fraca; 0,4 < r ≤ 0,6: correlação moderada; 0,6 < r ≤ 0,8: correlação forte; e 0,8 < r ≤ 1: correlação muito forte

Os valores da correlação de Pearson indicaram associações muito fortes, positivas e significativas no manejo convencional entre NV x NGP (0.970), NRP x NV (0.930), PROD x NV (0.970) e PROD x NGP (1.000), corroborando Medeiros (2021), Meier *et al*. (2019) e Corassa *et al*. (2019).

No manejo biológico, destacaram-se DC x NV (0.980), NV x NGP (0.971), DC x MSPA (0.996), NV x MSPA (0.977), PROD x DC (0.924), PROD x NV (0.971), PROD x NGP (1.000), PROD x MFPA (0.939) e PROD x MSPA (0.939), superiores aos resultados encontrados por Fulaneti (2022).

As raízes são influenciadas pela disponibilidade de água e nutrientes, afetando a produção de grãos (Fried *et al*., 2018). Os microrganismos podem estimular a produção de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

citocinina e giberelina, favorecendo o desenvolvimento radicular e o crescimento vegetal (Gouda *et al*., 2018; Van Oosten *et al*., 2017; Lopes *et al*., 2021). O maior desenvolvimento radicular e do DC melhora a absorção de água e nutrientes e reduz riscos de tombamento (Fried *et al*., 2018; Silva, 2020).

No manejo biológico, a PROD apresentou maiores correlações com as demais variáveis. Santos (2020) encontrou correlações entre PROD x NV (0.891) e PROD x NGP (0.635), corroborando os resultados.

3.3 Custos econômicos

A análise do custo econômico da implementação de uma agricultura sustentável em uma lavoura comercial de soja torna-se imprescindível. Desta forma a Tabela 4 apresenta os custos de produção dos manejos convencional e biológico adotados durante a condução do experimento.

Tabela 4. Custos econômicos dos manejos inseridos em uma propriedade rural referente a safra 2021/22 da fazenda Aliança, Buriti - MA

Manejo	Custo (R$/ha)	
	Convencional	Biológico
Tratamento de sementes	98,02	90,19
Primeira aplicação	160,58	95,52
Segunda aplicação	231,60	111,44
Terceira aplicação	121,50	80,94
Quarta aplicação	237,10	85,74
Quinta aplicação	129,55	88,49
Custo Total	**978,35**	**552,32**

O tratamento de sementes (TS) é amplamente utilizado na soja para o controle de pragas no estabelecimento inicial da cultura, movimentando cerca de 5,33 bilhões de dólares anuais no mundo (Nunes, 2016; Nunes; Baudet, 2012). No presente estudo, o TS representou 16,33% do custo do manejo biológico, com redução de 8,68% em relação ao convencional, possivelmente devido aos benefícios proporcionados por bactérias do gênero *Bacillus* spp., que promovem crescimento vegetal, recuperação de nutrientes e maior tolerância ao estresse (Kalayu, 2019; Saxena *et al*., 2020; Pii *et al*., 2015).

As aplicações foliares do manejo biológico apresentaram custos inferiores ao convencional e utilizaram bactérias (*Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus licheniformis* e *Chromobacterium subtsugae*) e fungos (*Beauveria bassiana* e *Trichoderma harzianum*). Esses microrganismos favorecem a produção de fitohormônios, o desenvolvimento

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

radicular, a absorção de água e nutrientes, o controle biológico de fitopatógenos e o aumento da eficiência do uso do nitrogênio (Oliveira *et al*., 2019; Sivasakthi *et al*., 2014; Du Jardin, 2015; Galindo *et al*., 2016).

Entre os agentes utilizados, *Beauveria bassiana* destaca-se como importante fungo entomopatogênico para o controle de pragas da soja, apresentando eficácia, segurança e baixa probabilidade de desenvolvimento de resistência pelos insetos (Souza, 2020; Relvas *et al*., 2021; Althouse *et al*., 1997; Faria *et al*., 2001; Dannon *et al*., 2020; Jaber; Ownley, 2018; Gurulingappa *et al*., 2010; Posada *et al*., 2007; Shapiro-Ilan *et al*., 2014).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de microrganismos promotores de crescimento na cultura da soja (*Glycine max*) como forma alternativa de manejo promove produtividade similar em comparação ao manejo convencional no Cerrado maranhense. Além disso, a adoção de manejo biológico possibilita a redução de 43,55% dos custos de produção da soja e apresenta grande potencial para a adoção dessa biotecnologia.

REFERÊNCIAS

ADESEMOY, T. O. Introduction to biological products for crop production and protection. **Nebraska Extension**, p. 1-4, 2017. Disponível em: <http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/ec3019.pdf>. Acesso em: 5 de set. 2022.

ALEKSEEVA, K. L.; SMETANINA, L. G.; KORNEV, A. V. Biological protection of tomato from Fusarium wilt. In: **AIP Conference Proceedings**, v. 2063, n. 1, p. 030001, 2019.

ALMEIDA, R. C. B. **A soja (*Glycine max*) como alternativa produtiva em Alagoas**. Monografia (Bacharel em Agronomia), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo – AL, 2021.

ALTHOUSE, C. M.; PETERSEN, B. E.; MCEWEN, L. C Effects on young American kestrels (Falco sparverius) exposed to *Beauveria bassiana* bioinsecticide. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 59, p. 507-512, 1997.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2013.

AVILA, G. M. D. A.; GABARDO, G.; CLOCK, D. C.; LIMA JUNIOR, O. S. D. Produção "on farm" de microrganismos no Brasil. IN: Encontro Internacional de Produção Científica, 2021, **UNICESUMAR** - Universidade Cesumar. Anais Eletrônico XII EPCC. Ponta Grossa: UNICESUMAR, 19 de out. de 2021. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/9623>. Acesso em: 5 de set. 2021.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

BÁRBARA NETO, M. **Desenvolvimento de ferramentas de geotecnologias para análise da qualidade da lavoura e estimativa da taxa de germinação aplicadas à cultura da soja**. 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba – SP, 2022.

BÁRBARO, I. M.; CRUZ CENTURION, M. A. P.; GAVIOLI, E. A.; SARTI, D. G. P.; JÚNIOR, L. S. B.; TICELLI, M.; MIGUEL, F. B. Análise de cultivares de soja em resposta à inoculação e aplicação de cobalto e molibdênio. **Revista Ceres**, v. 56, n.3, p. 342-349, 2009.

BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. D. C.; ARAUJO, L. S. Relatório final do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do Estado do Maranhão. Campinas: **Embrapa Territorial**, 2013. 325 p.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. **Biocontrole de doenças de plantas:** uso e perspectivas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 300-334, 2009.

BURANELLO, R. **Cédula de produto rural:** mercados agrícolas e financiamento da produção. Londrina, PR: Editora Thoth, p. 441, 2021.

CANG, T.; SUN, C.; ZHAO, H.; TANG, T.; ZHANG, C.; YU, R.; WANG, X.; WANG, Q.; DAI, F.; ZHAO, X. Residue behavior and risk assessment of imidacloprid applied on greenhouse-cultivated strawberries under different application conditions. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 5024-5032, 2018. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-017-0653-3.

CARMO, E. L.; BRAZ, G. B. P.; SIMON, G. A.; SILVA, A. G.; ROCHA, A. G. C. Desempenho agronômico da soja cultivada em diferentes épocas e distribuição de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.17, n.1, p. 61-69, 2018. DOI: https://doi.org/10.5965/223811711712018061.

CARVALHO, J. C.; VIECELLI, C. A.; ALMEIDA, D. K. Produtividade e desenvolvimento da cultura da soja pelo uso de regulador vegetal. **Acta Iguazu**, v. 2, n.1, p. 50-60, 2013. DOI: https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v2i1.8166.

CASTAÑO, A. M. P.; DURANGO, D. P. M.; POLANCO-ECHEVERRY, D.; ARIAS, J. A. C. Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): Una revisión sistemática 1990-2019. **Revista de Investigación Agraria y ambiental**, v. 12, n. 2, p. 161-178, 2021.

CASTILLO, R.; BERNARDES, J. A. Apresentação e apontamentos teórico-metodológicos. IN: BERNARDES, J. A.; CASTILLO, R. **Espaço geográfico e competitividade**: regionalização do setor sucroenergético no Brasil. Rio de Janeiro, RJ: Lamparina, p.07-16, 2019.

CASTILLO, R.; BOTELHO, A. C.; BUSCA, M. D. Agronegócio globalizado no MATOPIBA maranhense: análise da especialização regional produtiva da soja. **Espaço e Economia**, n. 21, 2021.

CHOEZ-QUIROZ, V. I. C.; LA PAZ, O. C.; CARMENATE, R. V. Efecto del Cytokin® en el rendimiento de la soya (*Glycine max* L. Merrill) en Ecuador. **Revista Ingeniería Agrícola**, v. 12, n. 3, 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 5 de jun. 2022.

CORASSA, G. M.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; REIMCHE, G. B.; GAVIRAGHI, R.; BISOGNIN, M. B.; PIRES, J. L. F. Performance of soybean varieties differs according to yield class: a case study from Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v.20, p. 520-540, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s11119-018-9595-0

CUTHBERT, R. N.; DICK, J. T.; CALLAGHAN, A.; DICKEY, J. W. Biological control agent selection under environmental change using functional responses, abundances and fecundities; the Relative Control Potential (RCP) metric. **Biological Control**, v. 121, p. 50-57, 2018.

DAL CORTIVO, C.; BARION, G.; VISIOLI, G.; MATTAROZZI, M.; MOSCA, G.; VAMERALI, T. Increased root growth and nitrogen accumulation in common wheat following PGPR inoculation: Assessment of plant-microbe interactions by ESEM. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 247, p. 396-408, 2017.

DANNON, H. F.; DANNON, A. E.; DOURO-KPINDOU, O. K.; ZINSOU, A. V.; HOUNDETE, A. T.; TOFFA-MEHINTO, J.; ELEGBEDE, I. A. T. M.; OLOU, B. D.; TAMÒ, M. Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. **Journal of Cotton Research**, v. 3, n.1, p.1-21, 2020. DOI: https://doi.org/10.1186/s42397-020-00061-5.

DU JARDIN, P. **Plant biostimulants**: Definition, concept, main categories and regulation. Scientia horticulturae, n. 196, p. 3-14, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021

FALCÃO, J. V.; LACERDA, M. P. C.; MENDES, I. D. C.; LEÃO, T. P.; CARMO, F. F. D. Qualidade do solo cultivado com morangueiro sob manejo convencional e orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 450-459, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000400004.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **International Year of Planet Health.** Disponível em: <https://www.fao.org/plant-health-2020/about/en/> Acesso em: 6 de set. 2022.

FARIA, M.; WRAIGHT, S. P. Biological control of Bemisia tabaci with fungi. **Crop protection**, v. 20, n. 9, p. 767-778, 2001. DOI: https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00110-7.

FREITAS, A. C. R.; BUOSI, T. Context and challenges regarding the environmental certification of soy production in the Matopiba region of Brazil. **American Journal of Industrial and Business Management**, v. 8, p. 2086-2101, 2018.

FRIED, H. G.; NARAYANAN, S.; FALLEN, B. Characterization of a soybean (*Glycine max* L. Merrill) germplasm collection for root traits. **PLoS One**, v. 13, n. 7, 2018. DOI: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200463

FULANETI, F. S. **Opções de bactérias na coinoculação na cultura da soja**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria- UFSM, Santa Maria – RS, 2022.

GABARDO, G.; PRIA, M. D.; SILVA, H. L. D.; HARMS, M. G. Alternative products on Asian soybean rust control and their influence on defoliation, productivity and yield components.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Summa Phytopathologica, v.46, p. 98-104, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0100-5405/231561.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C. J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTTI, M.; BELLOTE, J. L. M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150364.

GAVIOLI, A.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; SCHENATTO, K.; BETZEK, N. M. Identification of management zones in precision agriculture: An evaluation of alternative cluster analysis methods. **Biosystems engineering**, n.181, p. 86-102, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.02.019.

GOUDA, S. KERRY, R. G.; DAS, G.; PARAMITHIOTIS, S.; SHIN, H. S.; PATRA, J. K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological research**, v. 20, p.131-140, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016

GURULINGAPPA, P.; SWORD, G. A.; MURDOCH, G.; MCGEE, P. A. Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on two insect pests when in planta. **Biological control**, v. 55, n. 1, p.34-41, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.06.011.

HAMAWAKI, R. L.; HAMAWAKI, O. T.; NOGUEIRA, A. P. O.; JULIATTI, F. C.; GLASENAPP, J. S.; HAMAWAKI, C. D. L. New high-yielding conventional soybean adapted to the states of Goiás, Minas Gerais and Mato Grosso, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.41, 2018. DOI: https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.39913.

HESHAM, A. E. L.; KAUR, T.; DEVI, R.; KOUR, D.; PRASAD, S.; YADAV, N.; YADAV, A. N. Current trends in microbial biotechnology for agricultural sustainability: conclusion and future challenges. In: **Current trends in microbial biotechnology for sustainable agriculture**. Springer, Singapore, 2021. p. 555-572.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro.** Londrina: Embrapa Soja, 2007.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.; ARAUJO, R. S. Soybean seed coinoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: A new biotechnological tool to improve yield and sustainability. ***American Journal of Plant Sciences,*** v. 6, n. 6, p. 811–817, 2015. https://doi.org/10.4236/ajps.2015.66087

HUSSAIN, S.; SHUXIAN, L.; MUMTAZ, M.; SHAFIQ, I.; IQBAL, N.; BRESTIC, M.; SHOAIB, M.; SISI, Q.; LI, W.,MEI, X.; BING, C.; ZIVCAK, M.,RASTOGI, A.; SKALICKY, M., HEJNAK, V., WEIGUO, L., & WENYU, Y. Foliar application of silicon improves stem strength under low light stress by regulating lignin biosynthesis genes in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) **Journal of hazardous materials**, n. 401, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123256.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?t=resultados>. Acesso em 10 dez. 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

INÁCIO, M. R.; FREITAS, M. L. G. Comparative analysis of costs between fields of a georeferenced soybean farm in Maracaju-MS. **Custos E Agronegocio On Line**, v. 16, n. 4, p. 79-104, 2020.

JABER, L. R.; OWNLEY, B. H. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens?. **Biological control**, v. 116, p. 36-45, 2018.

KALAYU, G. Phosphate solubilizing microorganisms: promising approach as biofertilizers. **International Journal of Agronomy**, p. 1-7, 2019. DOI: https://doi.org/10.1155/2019/4917256.

KHOSHRU, B.; MITRA, D.; KHOSHMANZAR, E.; MYO, E. M.; UNIYAL, N.; MAHA-KUR, B.; MOHAPATRA, P. K. DAS.; PANNEERSELVAM, P.; BOUTAJ, H.; ALIZADEH, M.; CELY, M. V. T.; SENAPATI, A.; RANI, A. Current scenario and future prospects of plant growth-promoting rhizobacteria: An economic valuable resource for the agriculture revival under stressful conditions. **Journal of Plant Nutrition**, v. 43, n. 20, p. 3062-3092, 2020.

LIMA, L. M. O**. Uso de rizobactérias promotoras de crescimento na fixação biológica de nitrogênio na cultura do amendoim**. Monografia (Bacharel em Agronomia), Centro Universitário de Anápolis, Anápolis – GO, 2020.

LOPES, M. J. S.; SANTIAGO, B. S.; SILVA, I. N. B. DA; GURGEL, E. S. C. Biotecnologia microbiana: inoculação, mecanismos de ação e benefícios às plantas. **Research, Society and Development**, v.10, n.12, p. e356101220585-e356101220585, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20585.

LOPES, M. J. S.; DIAS-FILHO, M. B.; CASTRO, T. H. R.; GURGEL, E. S.; SILVA, G. B. Efficiency of Biostimulants for Alleviating Shade Effects on Forage Grass. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 3, p. 14-30, 2021b.

MARSCHNER, P. Marschner´s mineral nutrition of higher plants. 3. ed. New York: **Academic Press**, p.651, 2012.

MASCARIN, G. M.; PAULI, G. Bioprodutos à base de fungos entomopatogênicos. In: VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. (Org.). **Controle Alternativo de Pragas e Doenças na Agricultura Orgânica**. 1 ed. Viçosa: U.R. EPAMIG ZM, v. 4, p. 169-195, 2010.

MEDEIROS, C. A. B.; ESPINDOLA, J. A. A. Produção sustentável de alimentos. IN: MEDEIROS, C. A. B.; PILLON, C. N.; HELLO, F. A.; BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; GOMES, J. C. C.; ESPINDOLA, J. A. A.; SAMPAIO, M. J. A. M.; VIDAL, M. C.; HAVERROTH, M.; MADEIRA, N. R.; SÁ, T. D. DE A.; DIAS, T. A. B.; AZEVEDO, V. C. R.; BUENO, Y. M. **Fome zero e agricultura sustentável**, Brasília – DF: Embrapa, p. 43-54, 2018.

MEDEIROS, G. S. **Estimativa da diversidade genética entre cultivares de soja baseado em caracteres quantitativos**. Monografia (Bacharel em Agronomia), Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde – GO, 2021.

MEIER, C.; MEIRA, D.; MARCHIORO, V. S.; OLIVOTO, T.; KLEIN, L. A.; MORO, E. D.; BUENO, R. B.; LUNKES, A.; BELLO, R. F.; SOUZA, V. Q. Performance agronômica e correlação linear entre componentes de rendimento da soja em segunda safra. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n.4, p. 933-941, 2019. DOI: https://doi.org/10.19084/rca.17995.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MENESES, A. T**. Emergência e crescimento inicial de soja submetido a adubação mineral e doses crescentes de biofertilizante bovino**. Monografia (Bacharel em Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 2017.

MIGLIORIN, A. S.; MILANI, B. Análise dos custos de produção da cultura da soja em uma pequena propriedade rural de Jaguari–RS. **Revista Gestão em Análise**, v. 10, n. 2, p. 33-47, 2021.

MITTER, E. K.; TOSI, M.; OBREGÓN, D.; DUNFIELD, K. E.; GERMIDA, J. J. Rethinking crop nutrition in times of modern microbiology: innovative biofertilizer technologies. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 2021. [DADOS COMPLETOS DA REFERÊNCIA AUSENTES — verificar e completar: v., n., p., DOI]

NASCIMENTO, C. C.; FERREIRA, J. S.; SANTOS, R. K. A.; LIMA, M. C. D.; LADEIA, C. A.; ÁVILA, J. S.; FILHO, R. L. S. A. Desenvolvimento de Eucalyptus urophylla submetido à inoculação de bactérias diazotróficas nativas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 47287-47304, 2021.

NUNES, J. C. S. Tratamento de sementes na indústria. **Seed News**, n. 1, p. 26-32, 2016.

NUNES, J. C. S.; BAUDET, L. Tratamento de sementes industrial. Cultivar: grandes culturas, **Caderno técnico**, n. 151, p. 3- 10, dez. 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. V. L. **Acompanhamento da multiplicação on farm de bactérias promotoras de crescimento e sua eficiência na cultura do milho em empresa de bioinsumos no Oeste da Bahia**. Monografia (Bacharel em Agronomia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2021.

OLIVEIRA, L.; TEIXEIRA FILHO, M.; GALINDO, F.; NOGUEIRA, T.; NETO, M. B.; BUZETTI, S. Formas e tipos de coinoculação na cultura da soja no Cerrado. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.4, p. 924-932, 2019. DOI: https://doi.org/10.19084/rca.15828.

OURIQUE, R. S.; CARVALHO, I. R.; PRADEBON, L. C.; LORO, M. V.; SANGIOVO, J. P.; CORADINI, G. T. Plantas de cobertura e sua eficiência na resposta da produtividade da soja. **Salão do Conhecimento**, v. 8, n. 8, 2022.

PAULA, G. F.; DEMÉTRIO, G. B.; MATSUMOTO, L. S. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas de soja. **Revista Caatinga**, v. 34, n. 2, p. 328-338, 2021.

PEREIRA JÚNIOR, P.; REZENDE, P. M.; MALFITANO, S. C.; LIMA, R. K.; CORRÊA, L. V. T.; CARVALHO, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agronômicas da soja (*Glycine max* (L.) Merr.) **Ciência e agrotecnologia**, v.34, p. 908-913, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400016.

PII, Y.; MIMMO, T.; TOMASI, N.; TERZANO, R.; CESCO, S.; CRECCHIO, C. Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. **A review. Biology and fertility of soils**, v.51, p. 403-415, 2015.

POSADA, F.; AIME, M. C.; PETERSON, S. W.; REHNER, S. A.; VEGA, F. E. Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). **Mycological research**, v. 111, n. 6, p. 748-757, 2007.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

RAMOS JUNIOR, E. U.; RAMOS, E. M.; BULHÕES, C. C. Densidade de plantas nos componentes produtivos e produtividade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 17, n.2, p.51-56, 2019. DOI: https://doi.org/10.5327/rcaa.v17i2.2587.

RATZ, R. J.; PALÁCIO, S. M.; ESPINOZA-QUIÑONES, F. R.; VICENTINO, R. C.; MICHELIM, H. J.; RICHTER, L. M. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **Engevista**, v. 19, n. 4, p. 890-905, 2017.

RELVAS, R. M. S.; BOTELHO, J. F.; SANTOS, C. P.; FROZZI, J. C.; ANJOS, M. R.; SOUZA, M. S. Bioprospecção de fungos entomopatogênicos em área de floresta nativa na Amazônia Ocidental. IN: SILVA, A. P. Manejo de pragas e doenças: a busca por formas sustentáveis de controle. 1ed. Guarujá, SP: **Científica Digital**, 2021, p. 118.

ROCHA, R. S.; SILVA, J. A. L. D.; NEVES, J. A.; SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R. D. C. Desempenho agronômico de variedades e linhagens de soja em condições de baixa latitude em Teresina-PI. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, p.154-162, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100019.

RODRIGUES, G. C. **Gestão de custos no cultivo de soja em uma fazenda no Estado do Tocantins**. 2021. Monografia (Bacharel em Ciências Contábeis), Universidade Federal do Tocantins, Palmas -TO, 2021.

ROZATTI, A. L.; BORSOI, A.; MANCINI, C. Características agronômicas e produtividade da soja com utilização de condicionadores de solo e bioestimulantes no sulco da semeadura. **Revista Cultivando o Saber**, p. 1-12, 2022.

SANTOS, B. M. S.; SILVA, M. S. R. A.; CHÁVEZ, D. W. H.; RIGOBELO, E. C. Genetic and nutritional diversity of *Bacillus subtilis* isolates demonstrating different aspects related to plant growth promotion. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, p.880888, 2020.

SANTOS, B. M.; BOIAGO, N. P.; SANTOS, T. G. Eficiência do manejo On Farm e épocas de aplicação na cultura da soja. **Revista Cultivando o Saber**, p.13-25, 2022.

SANTOS, C. M.; SILVA, A. A.; MENEZES, A. O. Soybean agronomic characteristics as a function of Bradyrhizobium japonicum association and NPK fertilization in Ituiutaba-MG. Brazilian **Journal of Science**, v.1, n.6, p.58-64, 2022. DOI: https://doi.org/10.14295/bjs.v1i6.138.

SANTOS, S. L. **Associação de inoculantes bacterianos e micorrizico na soja orgânica e convencional**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR, 2020.

SANTOS, T. C.; ESPERIDIÃO, T. L.; SANTOS, A. M. dos. Agricultura 4.0. **Revista Pesquisa E Ação**, v. 5, n. 4, p. 122-131, 2019.

SAXENA, A. K.; KUMAR, M.; CHAKDAR, H.; ANUROOPA, N.; BAGYARAJ, D. J.; BACI-SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature methods**, v. 9, n.7, p.671-675, 2012.

SERAFIM, M. E.; ZEVIANI, W. M.; ONO, F. B.; NEVES, L. G.; SILVA, B. M.; LAL, R. Reference values and soil quality in areas of high soybean yield in Cerrado region, Brazil. **Soil and Tillage Research**, n.195, p.104362, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104362.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

SHAPIRO-ILAN, D. I.; GARDNER, W. A.; COTTRELL, T. E.; BEHLE, R. W. WOOD, B. W. Comparison of application methods for suppressing the pecan weevil (Coleoptera: Curculionidae) with *Beauveria bassiana* under field conditions. **Environmental entomology**, v.37, n.1, p.162-171, 2014. DOI: https://doi.org/10.1093/ee/37.1.162.

SILVA, J. N.; COSTA, E. M.; ALMEIDA, D. P.; PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A.; BALIZA, L. M.; JAKELAITIS, A. Bioestimulante e fertilizante foliar na redução de injúrias em plantas de soja causadas pelo 2, 4-D. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.19, n.1, 2020. DOI: https://doi.org/10.7824/rbh.v19i1.690.

SILVA, M. F. **Manejo de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L) Merri.)**. 2020. Monografia (Bacharelado em Agronomia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada – PE, 2020.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)-Pseudomonas fluorescens and *Bacillus subtilis*: a review. **African journal of agricultural research**, v.9, n.16, p.1265-1277, 2014. DOI: https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7914

SOUZA, T. I. B. D. **Eficiência da infectividade e mortalidade do fungo *Beauveria bassiana* em adultos de *Metamasius hemipterus* L. (*Coleoptera Curculionidae*)**. 2020. Monografia (Bacharelado em Agronomia.), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo – AL, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**, Porto Alegre: Artmed, p.888, 2017.

TAVANTI, T. R.; TAVANTI, R. F.; GALINDO, F. S.; SIMÕES, I.; DAMETO, L. S.; SÁ, M. E. D. Produtividade e qualidade de sementes de soja inoculadas com estirpes de *Bacillus subtilis*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.65-71, 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-

TREVISOL, I. T. G. **Análise de custos de produção da soja convencional na Fazenda São José. Monografia (Tecnólogo em Agronegócio)**, Faculdade Vale do Aço, Açailândia – MA, 2022.

UMESHA, S.; SINGH, P. K.; SINGH, R. P. Microbial biotechnology and sustainable agriculture. IN: SINGH, R. L.; MONDAL, S. Biotechnology for sustainable agriculture. **Woodhead Publishing**, p. 185-205, 2018.

VAN OOSTEN, M. J.; PEPE, O.; ASCALE, S.; SILLETTI, S.; MAGGIO, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v.4, p.1-12, 2017. DOI: https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5.

VARMA, A.; TRIPATHI, S.; PRASAD, R. **Plant Biotic Interactions**. Suíça: Springer, p. 321, 2019.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. GINDRI, D. M.; MOREIRA, P. A. B.; VERISSIMO, M. A. A. (Org.). **Sanidade vegetal:** uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável. 1. ed. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

WERNER, A. M. **Manejo do complexo de lagartas na cultura da soja com bioinseticidas e inseticida químico**. 2020. Dissertação (Mestre em Agronomia), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul – MS, 2020.

WRIGHT, M. G.; BENNETT, G. M. Evolution of biological control agents following introduction to new environments. **BioControl**, v. 63, n. 1, p. 105-116, 2018.

XAVIER, V. L. **Programa Nacional de Bioinsumos: proposição de um sistema de monitoramento de biofábricas**. 2022. Dissertação (Mestra em Avaliação e Monitoramento de Políticas Públicas), Escola Nacional de Administração Pública - ENAP, Brasília – DFI, 2022.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.