

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

SHISLLAINE LAIRA VALADARES ALMEIDA

AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO USANDO *BACILLUS* NA PRODUTIVIDADE
DA SOJA

Monte Carmelo
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

SHISLLAINE LAIRA VALADARES ALMEIDA

AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO USANDO *BACILLUS* NA PRODUTIVIDADE
DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para a
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador (a): Douglas José Marques

Monte Carmelo
2023

SHISLLAINE LAIRA VALADARES ALMEIDA

AMENIZAÇÃO DO ESTRESSE DE FÓSFORO USANDO *BACILLUS* NA PRODUTIVIDADE
DA SOJA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Agronomia da Universidade
Federal de Uberlândia, Campus Monte
Carmelo, como requisito necessário para a
obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, dezembro de 2023

Banca Examinadora

Douglas José Marques
Orientador (a)

Andressa Giovannini Costa
Membro da Banca

Ricardo Falqueto Jorge
Membro da Banca

Monte Carmelo
2023

SUMÁRIO

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 Dependência do Brasil por fertilizantes	5
2.2 Fertilizante fosfatados	7
2.3 Fixação do P em solo tropical	8
2.4 Uso do <i>Bacillus</i> na agricultura	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Local do experimento.....	10
3.2 Cultivar escolhida para o experimento.....	10
3.3 Condução do experimento	11
3.4 Características químicas do solo	12
3.5 Delineamento experimental	12
3.6 Avaliações agronômicas	13
3.7 Análise estatística.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	13
5 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS.....	19

RESUMO

O Brasil é dependente de fertilizantes, essa dependência pode comprometer a segurança alimentar, dada a importância do país na produção de grãos para o mundo. O solo tropical, existe uma limitação para o nutriente fósforo (P), em função da dinâmica do nutriente no solo. Bactérias do gênero *Bacillus* podem ser utilizadas para amenizar o estresse de P na soja. Com isso, a presente pesquisa visa investigar os efeitos da inoculação com *Bacillus sp.* na produtividade da soja em condições de estresse de fósforo. O delineamento experimental utilizado foi em esquema fatorial com ausência e presença de *Bacillus sp.* e duas concentrações de P (P-controle e P-estresse), com quatro repetições. Foram avaliados massa seca da planta, número de vagens por planta e produtividade. Em relação a massa seca das plantas de soja é possível notar que quando submetido a condições de P-controle, tanto na presença e ausência de *Bacillus*, os resultados foram superiores comparados a condições de P-estresse. As condições de P-severo e ausência de *Bacillus*, foi superior na produção de vagens na soja. Para o P-controle na presença de *Bacillus* a produtividade foi superior.

Palavras-chave: *Glycine max* L. Merrill, rizobactérias, adubação fosfatada.

ABSTRACT

Brazil is dependent on fertilizers, and this dependence can compromise food security, given the country's importance in grain production for the world. In tropical soil, there is a limitation for the nutrient phosphorus (P), depending on the nutrient dynamics in the soil. Bacteria from the genus *Bacillus* can be used to alleviate P stress in soybeans. Therefore, the present research aims to investigate the effects of inoculation with *Bacillus sp.* on soybean productivity under phosphorus stress conditions. The experimental design used was a factorial scheme with the absence and presence of *Bacillus sp.* and two concentrations of P (P-control and P-stress), with four replications. Plant dry mass, number of pods per plant, and productivity were evaluated. Regarding the dry mass of soybean plants, it is possible to note that when subjected to P-control conditions, both in the presence and absence of *Bacillus*, the results were superior compared to P-stress conditions. The conditions of P-severe and the absence of *Bacillus* were superior in the production of soybean pods. For P-control in the presence of *Bacillus*, productivity was higher.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio desempenha um papel crucial na economia brasileira, sendo um dos setores mais desenvolvidos e fundamentais. Entre os cinco principais itens agrícolas exportados pelo país, destacam-se a soja (*Glycine max* L. Merrill), a carne bovina, o frango, o milho (*Zea mays* L.) e o café (*Coffea* spp.), que trazem benefícios significativos para a balança comercial e consolida o Brasil como uma potência agroexportadora (Mendes, 2023).

Segundo Boschiero (2023) o Brasil lidera o ranking de maior produtor de soja do mundo desde a safra de 2019/2020, sendo também o maior exportador mundial da oleaginosa. No entanto, a produção de soja muitas vezes enfrenta desafios devido à deficiência de nutrientes, particularmente a disponibilidade de fósforo (P) no solo. O estresse do fósforo é uma preocupação significativa que afeta a produtividade da soja e exige abordagens sustentáveis e inovadoras para mitigar seu impacto.

As bactérias do gênero *Bacillus* podem ajudar a disponibilizar macronutrientes como o fósforo através de diferentes mecanismos, sendo o primeiro deles a redução do pH do meio, em segundo elas fabricam ácidos orgânicos como o ácido láctico, ácido cítrico, ácido glucônico, ácido malônico e ácido succínico, e produzem enzimas de fosfatase para ajudar nesse processo de disponibilização de fósforo (Ahmad et al., 2019).

Os *Bacillus* podem converter fósforo inorgânico insolúvel em formas acessíveis às plantas, promovendo assim uma melhor absorção desse nutriente. Sendo assim, a pesquisa visa investigar os efeitos da inoculação com *Bacillus* sp. na produtividade da soja em condições de estresse de fósforo.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Dependência do Brasil por fertilizantes

O agronegócio é considerado um dos pilares da economia brasileira. Esse também é um dos setores mais dinâmicos do País, tendo se adaptado a fatores como a globalização, ao aumento da população, às novas legislações ambientais, às mudanças nos padrões de consumo e às alterações tecnológicas, entre outros aspectos (EMBRAPA, 2015).

O processo de gestão da produção agrícola está diretamente relacionado com matéria-prima, equipamentos, tecnologia, custos e mão de obra, para fabricar bens na quantidade desejada e segundo a capacidade instalada (Rodrigues, 2006). O escoamento das commodities nos dois últimos anos o Brasil teve registro de 645 milhões de toneladas de exportações, das quais cerca de 65% foram commodities (Lourenço; Lima, 2009).

A produção agrícola, independentemente do tipo de produto ou tecnologia utilizada, é uma atividade econômica de risco. Assimilação de informações presentes em todos os estágios de produção, processamento e distribuição do produto.

A produção de grãos no cenário brasileiro atingiu grandes proporções nas últimas décadas, colocando o país entre os maiores produtores no mundo. Economicamente a soja está como um dos produtos agrícolas essenciais, retratando uma parte significativa para a economia nacional, sendo utilizada para a produção de proteína animal e na alimentação humana (Carrão-Panizzi, 2013).

De acordo com Scremin et al. (2020) o objetivo de se manter competitivo no mercado, o produtor busca as mais avançadas tecnologias para o cultivo e recorre a diversos modelos de crédito agrícola disponíveis para facilitar a aquisição de insumos essenciais, como fertilizantes, sementes e defensivos. O intuito é minimizar as despesas financeiras e otimizar os resultados ao longo das safras. Ao adquirir esses insumos, é crucial analisar cuidadosamente os diferentes modelos disponíveis, considerando as perspectivas positivas e negativas de cada modalidade, para determinar qual é mais vantajoso.

Para ter sucesso em um ambiente com alto nível de incerteza, principalmente em relação às vantagens e desvantagens de cada canal de comercialização (compra e venda direta), o produtor deve primeiro entender as vantagens e desvantagens de cada canal de comercialização. Determinar todas as vias possíveis para comprar e vender mercadorias os seus efeitos (EMBRAPA, 2015).

Desde 2021, o agronegócio brasileiro enfrenta desafios difíceis, inicialmente pela pandemia e agora, no início de 2022, o conflito europeu pela invasão da Ucrânia pela Rússia está causando, pela primeira vez, um impacto nos preços dos fertilizantes. Com o aumento dos custos de produção, os fabricantes estão procurando novas maneiras de atender aos consumidores que estão começando a notar a diferença em suas dietas diárias (Souza, 2022).

De acordo com Fonseca (2022) apenas em 2021, o Brasil importou 9,3 milhões de toneladas de fertilizantes da Rússia para a produção agrícola nacional, sendo o nosso maior fornecedor do insumo com 23% do total das 41 milhões de toneladas. A agricultura nacional possui uma grande dependência da importação de fertilizantes, cerca de 80% dos fertilizantes utilizados em nosso país são de origem estrangeira.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) foi anunciada como primeiras iniciais da guerra na Ucrânia que o conflito poderia aumentar o preço de alimentos em todo o mundo entre 8% e 20%.

Ucrânia é um país importante para a agricultura mundial, respondendo por 17% da quantidade total de alimentos disponíveis no mercado. Além disso, a Romênia e a Ucrânia juntas produzem 15% do trigo do mundo e exportam 30% do total (Mello, 2022).

A alta de preços no Brasil, em particular, pode ser atribuída às questões mencionadas neste artigo. Com a diminuição das importações de fertilizantes, algumas lavouras ficam comprometidas, e o aumento do custo dos combustíveis eleva o custo do transporte de alimentos.

A dependência de fertilizantes importados torna o Brasil vulnerável a flutuações nos preços internacionais e nas taxas de câmbio. Isso pode afetar os custos de produção agrícola e, por sua vez, os preços dos alimentos para os consumidores brasileiros. O uso excessivo de fertilizantes pode ter impactos negativos no meio ambiente, incluindo a poluição da água por nutrientes em excesso, como o fósforo, e a emissão de gases de efeito estufa associados à produção e ao transporte de fertilizantes (Oliveira; Malagolli; Cella, 2019).

Dada a preocupação com a dependência de fertilizantes importados e seus impactos, o Brasil tem buscado alternativas para reduzir a necessidade de fertilizantes químicos, incluindo o uso de técnicas de manejo sustentável, a reciclagem de resíduos orgânicos e a pesquisa em biotecnologia agrícola para o desenvolvimento de culturas mais eficientes na absorção de nutrientes (Pinheiro et al., 2022).

2.2 Fertilizante fosfatados

Os fertilizantes fosfatados são advindos da extração, moagem e /ou tratamento de rochas ígneas ou sedimentares que apresentam concentração do elemento químico fósforo, um importante macronutriente utilizado na agricultura. Com isso, o principal benefício do uso de

fertilizantes fosfatados é o fornecimento de P almejando a nutrição de plantas, complementando o que o solo não fornece assim suprimindo o rendimento e demanda das culturas (Bedin et al., 2003).

A recomendação para a realização da adubação fosfatada é que seja antes da semeadura da lavoura, já que o P é um nutriente essencial para o desenvolvimento das raízes e para o estabelecimento do plantio. A aplicação pode ocorrer na linha de plantio, de forma localizada ou feita a lanço em área total. A decisão de como será feita a distribuição do fertilizante dependerá da lavoura a ser estabelecida, textura e classificação do solo, também o sistema de cultivo – convencional, cultivo mínimo ou plantio direto (Duarte, 2023).

2.3 Fixação do P em solo tropical

O processo de formação do solo é lento e paciente, cerca de 400 anos são necessários para se formar um centímetro de solo. Devido à ação da chuva, do vento, do calor, do frio e de alguns organismos (fungos, bactérias, minhocas, formigas e cupins), que vão desgastando as rochas de forma lenta no relevo da terra, partículas (minerais e orgânicas) vão se depositando em camadas (horizontes), formando os solos (Melo, 2023).

Nas regiões tropicais ou dos trópicos os solos possuem particularidades em razão das condições ambientais. Os solos são reconhecidos por serem bastante intemperizados, de fertilidade baixa a muito baixa, heterogêneos quanto à morfologia, à composição química e às propriedades físico-hídricas (Zaroni; Santos, 2021).

O Brasil é um país tropical e uma das problemáticas dos solos brasileiros é a escassez natural do macronutriente fósforo. Contudo, a grande disponibilidade de fertilizantes P no mercado e o uso dos mesmos tem possibilitado a expansão da fronteira agrícola para biomas como o Cerrado, que por muitos anos foi considerado improdutivo (Alvarenga, 2023).

O elemento fósforo torna-se não lábil quando há a sua fixação nos colóides de argila compostos por oxidróxidos de ferro e alumínio. O clima tropical do Brasil contribui para a formação dos tipos de argila do alto grau de intemperização, onde os oxidróxidos de ferro e alumínio são predominantes. O início do processo é devido a atração eletrostática entre as cargas do íon fosfatado (H_2PO_4^-) e as cargas positivas da argila, sendo que a adsorção vem em seguida, havendo troca de ligantes, como o OH^- e OH_2^+ , da superfície dos óxidos pelo H_2PO_4^- da solução. A fixação sucede quando acontecem duas ligações coordenadas com superfície da argila. Estas

duas ligações, ao contrário de uma única, não permitem dessorção do P (Novais et al., 2007 *apud* Machado, 2021). Gonçalves et al., 1989, atestou em sua pesquisa que mais de 95% do P aplicado a um latossolo vermelho (55% de argila), na dose de 150 mg kg⁻¹ (ou 687 kg ha⁻¹ de P₂O₅), se transformou em P-não lábil após os 300 dias de aplicação.

2.4 Uso do *Bacillus* na agricultura

As bactérias do gênero *Bacillus* são as mais utilizadas em controle biológico. São encontradas bactérias desse gênero em todas as partes do mundo, em vários substratos como solo, superfície de plantas, rizosfera, grãos armazenados, insetos mortos, dentre outros. *Bacillus* são bactérias gram-positivas e aeróbicas, podendo facultativamente crescer em anaerobiose. Dentre as espécies utilizadas para controle biológico de pragas e doenças estão *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefasciens*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus methyilotrophicus* (Monnerat et al., 2020).

Uma das tecnologias que foram desenvolvidas para minimizar as perdas ocorridas por insetos-pragas na agricultura foi a tecnologia Bt. Tal prática consiste na inserção de genes provenientes das bactérias *Bacillus thuringiensis* em plantas, fazendo com que elas sejam capazes de produzir uma proteína-inseticida que causa a morte de insetos quando ingerida (Reis, 2022).

Bactérias do gênero *Bacillus* possuem ainda a capacidade de formar endósporos, permitindo que microrganismos solubilizadores de P e K na cultura da soja se adaptem a condições abióticas extremas, como temperatura, pH, radiação, dessecação, luz ultravioleta ou exposição a defensivos agrícolas (Oliveira-Paiva, et al., 2022).

Com isso, o gênero *Bacillus* de bactérias são conhecidas por atuarem no controle de doenças e pragas em diversas culturas, na solubilização de fosfato e, também na tolerância das plantas a déficits hídricos, impulsionada pelo estímulo ao crescimento do sistema radicular das plantas (Santos, 2023).

Na cultura da soja, as bactérias *Bacillus* são aliadas na promoção do crescimento vegetal da planta. Resultados obtidos por Chagas Junior et al. (2021), demonstraram que a inoculação de sementes da oleaginosa com *Bacillus* sp. apresenta potencial para maximizar o crescimento da lavoura no todo, altura da planta, número de entrenós, comprimento das raízes e a massa seca da parte aérea e raízes. Os autores avaliaram o potencial e viabilidade da bactéria *Bacillus* sp. como

agente do crescimento vegetal da soja, através da inoculação das sementes, estudando os efeitos em diferentes doses de inoculante.

Bacillus aryabhattai, é uma espécie de rizobactéria de formato bastonete, gram positiva, que foi isolada e identificada pela primeira vez em 2009 (Shivaji et al., 2009). Daí em diante, várias estirpes têm sido isoladas da rizosfera de vários lugares do mundo. No Brasil, *Bacillus aryabhattai* foi encontrado na rizosfera do mandacaru (*Cereus jamacaru*), cacto do bioma Caatinga. Na agricultura, a utilização de *Bacillus aryabhattai* tem um amplo potencial e isso se deve aos benefícios que essa bactéria pode trazer para as plantas, que vão desde o aumento da resistência aos estresses abióticos, como a seca, à disponibilização de nutrientes (Veloso, 2022).

Uma das principais vantagens que *Bacillus aryabhattai* possui é devido ao fato de pertencer a um dos principais gêneros que exibe uma boa habilidade para solubilização de P, principalmente em solos com baixos teores do nutriente. O fosfato tricálcico, fosfato de alumínio e fosfato de ferro, são exemplos de fontes pouco disponíveis de P e que conseguem ser solubilizadas pelos diversos mecanismos que as bactérias solubilizadoras de fosfato apresentam como quelação, reação de troca e produção de ácidos orgânicos (Veloso, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Campo Demonstrativo e Experimental da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, coordenadas geográficas 18°43'28.0''S, 47°31'25.6''. Monte Carmelo é um município localizado na região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, cujo clima, segundo a classificação de Köppen, é caracterizado como Aw, marcado por duas estações bem definidas, verão chuvoso e inverno seco.

3.2 Cultivar escolhida para o experimento

Para semeadura do experimento foi a cultivar M6210 IPRO. A espécie apresenta ciclo precoce, cor de flor roxa e hilo preto, hábito de crescimento indeterminado, porte alto e peso de 1000 sementes igual a 144g. Apresenta resistência aos Nematóides de Cisto da Soja (*Meloidogyne* spp.), Nematóide da Galha (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*).

3.3 Condução do experimento

Para a correção da acidez dos solos os cálculos seguiram as recomendações de Moreira (1999), visando a neutralização do Al^{3+} e a elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} . A calagem foi realizada no dia 11 de fevereiro de 2023, utilizando-se 15,20 g por vaso. Em seguida, os solos foram umedecidos com 2 L de água e envolvidos com saco plástico preto para que não houvesse a evaporação da água, permanecendo incubados por 30 dias para favorecer a reação do corretivo com o solo (Figura 1).



Figura 1. Solo incubando após aplicação do calcário.

No dia 07 de março de 2023, um dia antes do plantio foi feita a adubação de base sendo utilizados por vaso 1,65 g de sulfato de amônio; 0,5 g de ácido bórico; 0,96 g de fonte de cobre; 0,045g de fonte de molibdênio e 0,17 g de sulfato de zinco, esses diluídos em 500 mL de água. Para aplicação do fósforo foi utilizado 26 g por vaso no controle e 13 g por vaso nos tratamentos. A adubação com potássio seguiu o mesmo modelo, sendo utilizados 1 g por vaso no controle e tratamentos. No dia 17 de maio fez-se uma nova adubação, utilizando-se por vaso 3,57 g de sulfato de manganês; 50,05 mg de ureia e 32 g de KCl, dissolvidos em 1 litro de água. A recomendação de adubação para os macros e micronutrientes foi baseada nas recomendações de Novais et al. (2007).

A semeadura do experimento aconteceu no dia 08 de março de 2023, sendo que no dia 22 de março foi necessário refazer o replantio em alguns vasos. O plantio foi realizado em vasos com 21,5 dm³ de solo.

Quanto ao manejo fitossanitário no dia 01 de maio de 2023, realizou-se uma aplicação do inseticida Oberon[®], para o controle de *Bemisia tabaci* (mosca-branca) e *Tetranychus urticae* (ácaro-rajado). No mesmo dia fez-se também a aplicação do fungicida Priori Xtra[®] contra a doença fúngica Oídio (*Microsphaera diffusa*). A aplicação de defensivos agrícolas repetiu-se no dia 05 de maio para Priori Xtra[®] e 31 de maio para Oberon[®].

A irrigação ocorreu de forma manual com auxílio de regador durante toda a condução do experimento.

3.4 Características químicas do solo

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com textura argilosa, coletado na mata nativa (18° 43'48,3" S, 47° 30'16,6" W). O solo em seguida foi submetido às análises de caracterização física e química no laboratório, localizado em Monte Carmelo-MG.

A composição química e textura do solo utilizada neste estudo foi: MO = 2,3 (dag kg⁻¹); P por extração com Mehlich 0,1 (mg dm³); Mg, Ca e Al = 0,04; 0,06; 0,25 (cmol dm³) respectivamente; Si = NS (mg dm³); Zn = 0,8 (mg dm³); Cu = 0,4 (mg dm³); S = NS (mg dm³); B = 0,04 (mg dm³); Fe = 11 (mg dm³); T = capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (2,57); t = capacidade de troca catiônica efetiva (0,42); m = índice de saturação de alumínio (60%); V = Índice de saturação de base (7%). A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta (areia, silte e argila = 30,5%, 7,5% e 62%).

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em esquema fatorial, sendo a presença e ausência de *Bacillus sp.*, com duas concentrações de P (P-controle: 300 mg P dm³ solo e P-estresse: 150 mg P dm³ solo), com quatro repetições. As plantas foram conduzidas em vasos, totalizando 16 vasos. A concentração de *Bacillus sp.*, foi de 100 mL do agente biológico dissolvidos em 20 mL de água. A bactéria usada foi aplicada em volta das plantas 7 dias após o

semeio. Foi feito uma abertura de 5 centímetros em volta de cada planta e aplicado 1 mL do preparo.

3.6 Avaliações agronômicas

Durante a pesquisa foram avaliados massa seca da planta, contagem do número de vagens e produtividade.

Para determinação da massa seca da planta retirou-se as plantas dos vasos logo após a colheita. Posteriormente, procedeu-se com a secagem em estufa a 70° C, com ventilação forçada por 72 horas até atingirem massa constante. Após a secagem em estufa, o material foi pesado assim determinando a massa seca.

A contagem do número de vagens produzidos foi realizada no estágio R8, onde todas as vagens estavam formadas e 95% do total produzido já se encontravam em ponto de colheita.

Por fim, os índices de produtividade foram mensurados, colheu-se os grãos e esses foram secados e pesados para obter-se os dados referente a cada tratamento.

3.7 Análise estatística

Os resultados obtidos nas diversas avaliações foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Para examinar as médias, foram realizados os testes de Scott-Knott conforme as diretrizes estabelecidas por Steel, Torrie e Dickey (1997). Os desvios padrões foram calculados, e os estimadores foram aplicados utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação a massa seca do caule das plantas de soja (Figura 2) é possível notar que quando submetido a condições de P-controle, tanto na presença e ausência de *Bacillus sp*, os resultados foram superiores comparados a condições de P-severo. O uso da bactéria no P-controle registrou massa seca de 3 g planta⁻¹, já na ausência dela em mesmas condições, a pesagem foi de 2,5 g planta⁻¹. Na circunstância de P-severo, os resultados não se diferiram significativamente, sendo que na ausência e presença da rizobactéria, a massa foram de 1,5 g planta⁻¹.

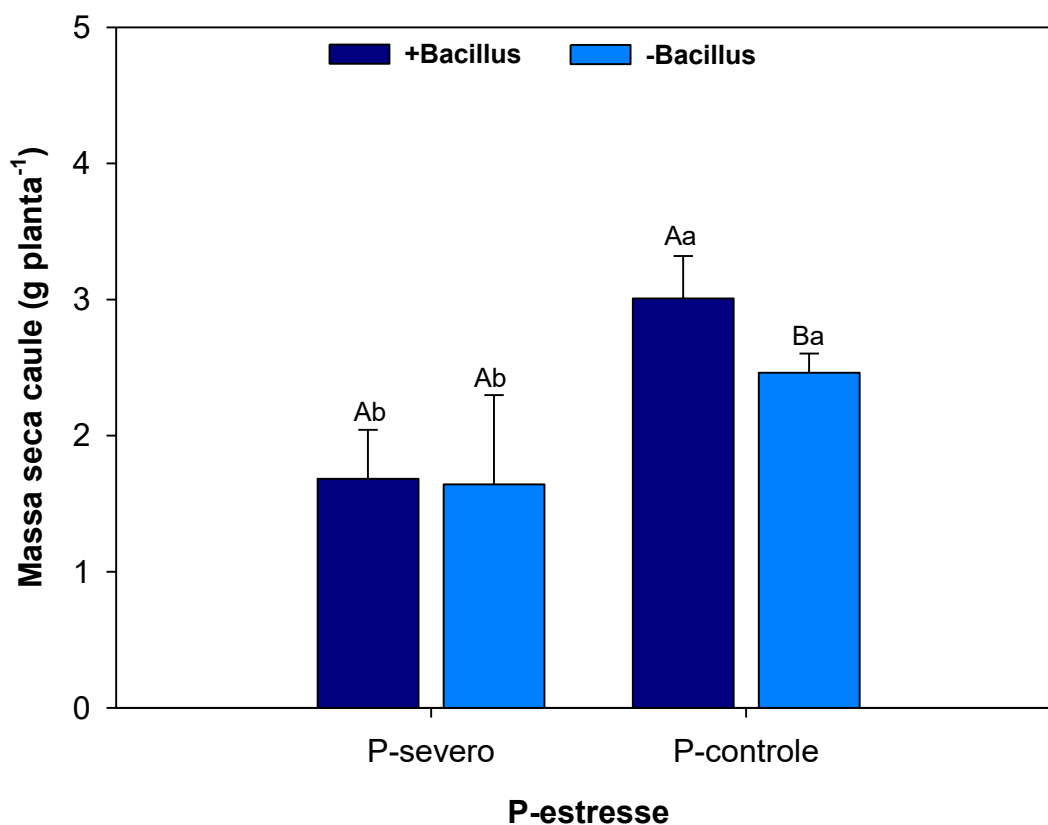


Figura 2. Massa seca caule na soja sobre estresse de P em função da inoculação no solo com *Bacillus*. Colunas com letras maiúsculas diferentes (cores diferentes) comparam entre estresse P e P-controle e letras minúsculas (mesma cor) comparam inoculação no solo com *Bacillus*, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Na determinação da massa seca das plantas de soja (Figura 3), novamente em condições de P-controle, tanto na presença e ausência de *Bacillus*, os resultados foram superiores comparados a condições de P-severo. A presença da bactéria submetido a P-controle registrou peso de massa seca das folhas de 4 g planta⁻¹, já na ausência dela em mesmas condições, a pesagem foi de 3 g planta⁻¹. Na circunstância de P-severo, os resultados não se diferiram significativamente, sendo que na ausência e presença da rizobactéria, os pesos aproximaram entre 3 g planta⁻¹.

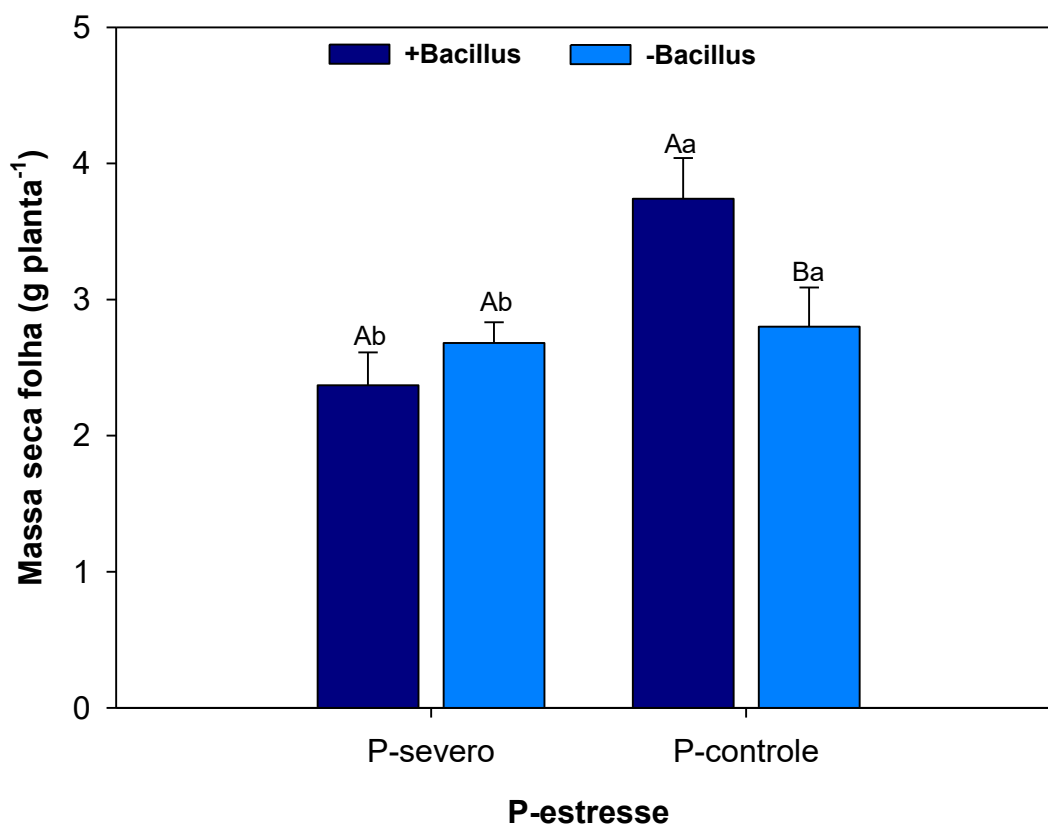


Figura 3. Massa seca folha na soja sobre estresse de P em função da inoculação no solo com *Bacillus*. Colunas com letras maiúsculas diferentes (cores diferentes) comparam entre estresse P (P-estresse e P-controle) e letras minúsculas (mesma cor) comparam inoculação no solo com *Bacillus*, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

A inoculação de bactérias associativas *Bacillus* aplicadas no solo, visando amenizar a P-estresse no gênero *Brachiaria*. Para a massa seca da parte aérea (folhas e caule) e altura das plantas, o autor não observou diferença significativa, tanto em situação de P-severo e P-controle, na presença e ausência da bactéria (Bruci, 2022).

Ndong e Santos (2019) avaliaram o potencial de *Bacillus* para o controle de *Meloidogyne incógnita* na cultura do milho. As massas frescas e seca da parte aérea não apresentaram nenhuma interação entre os fatores testados, presença e ausência da bactéria e do nematóide em condições de estresse hídrico ou não. Contudo, analisando isoladamente os fatores,

verificou-se que a presença de nematoide aumentou a massa fresca e seca das plantas, assim como no fator sem o estresse hídrico.

No presente trabalho a massa seca do caule e das folhas de soja em condições de P-controle, tanto na presença e ausência de *Bacillus* os resultados foram superiores comparados a condições de P-severo.

Oliveira et al. (2020) avaliou a aplicação da bactéria *Bacillus* para alívio dos efeitos do estresse hídrico e promoção de crescimento do feijoeiro sob diferentes capacidades de campo (CC). As variáveis avaliadas, peso seco de caule (PSC), peso seco de folha (PSF), peso seco de parte aérea (PSPA) e área foliar (AF), apresentaram efeito significativo para a interação entre tratamento de sementes e capacidade de campo. Para tais variáveis, de uma forma geral, observou-se que a presença de *Bacillus* na semente foi capaz de promover crescimento das plantas de feijoeiro sob CC de 80%, incrementando em 24,7; 25,0; 24,8; e 37,6% os parâmetros PSC, PSF, PSPA e AF, respectivamente. O mesmo efeito não foi observado nos tratamentos com fornecimento reduzido de água (CC de 30 e 50%), ou seja, a bactéria não foi capaz de promover crescimento de plantas nessas condições.

O número de vagens em planta de soja em razão de P-severo e presença de *Bacillus* foi em média de 12 vagens, número inferior quando comparado as condições de P-severo e ausência de *Bacillus*, onde a média de vagens de soja foi de 15 quantidade planta⁻¹. Já em circunstâncias de P-controle e presença da rizobactéria, os resultados foram os maiores da comparação, tendo uma média de produção de mais de 15 vagens por planta. Já na mesma situação e ausência de *Bacillus*, a média foi de 10 vagens produzidas por planta (Figura 4).

Para Chagas Júnior et al. (2022) o *Bacillus* como um inoculante eficiente para a promoção do crescimento de plantas de soja. Nas doses entre 200 e 350 mL do inoculante, o autor constatou um aumento significativo para a variável número de vagens e grãos produzidos.

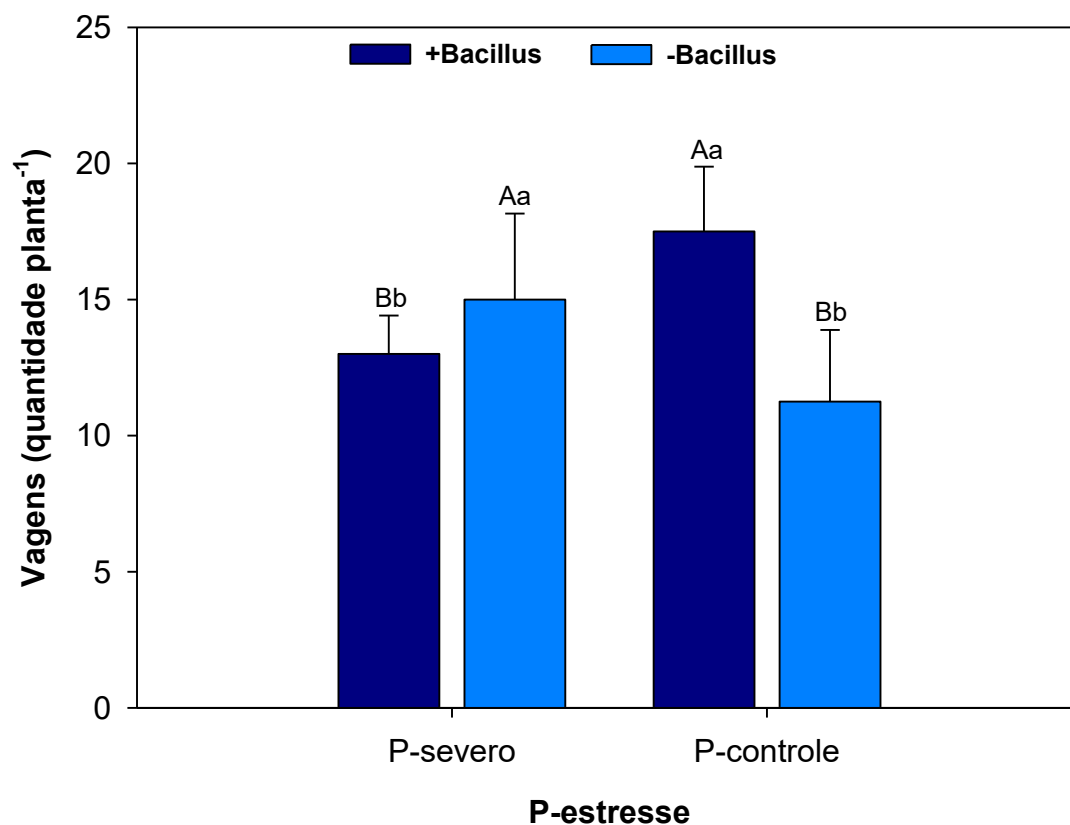


Figura 4. Vagens produzidas pela planta de soja sobre estresse de P em função da inoculação no solo com *Bacillus*. Colunas com letras maiúsculas diferentes (cores diferentes) comparam entre estresse P (P-estresse e P-controle) e letras minúsculas (mesma cor) comparam inoculação no solo com *Bacillus*, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0.05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

P-controle e presença de *Bacillus* apresentou produtividade maior em relação aos demais tratamentos (Figura 5). Já na situação de P-controle e ausência de *Bacillus*, o índice de produtividade diferenciou significativamente em relação ao primeiro, sendo que as plantas nessa situação exibiram produtividade menor. Já nas condições de P-severo tanto na ausência como presença da rizobactéria os resultados não diferiram significativamente, porém tiveram produtividade menor comparado aos tratamentos anteriores apresentados.

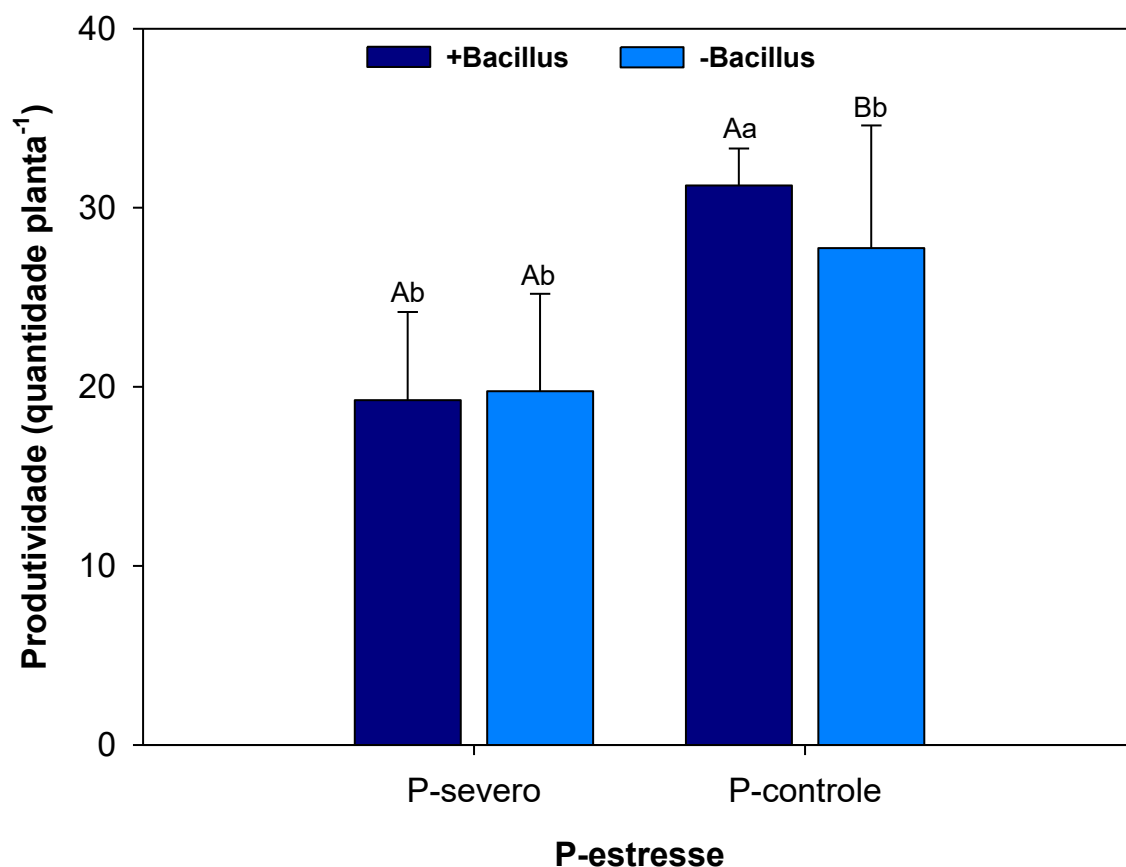


Figura 5. Produtividade da soja sobre estresse de P em função da inoculação no solo com *Bacillus*. Colunas com letras maiúsculas diferentes (cores diferentes) comparam entre estresse P (P-estresse e P-controle) e letras minúsculas (mesma cor) comparam inoculação no solo com *Bacillus*, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 05$). As colunas correspondem às médias de quatro repetições e desvios padrão.

Para Mariano (2022) teve como objetivo, verificar o efeito da inoculação de um formulado comercial contendo bactérias hidrocapacitoras na cultura do feijoeiro sob déficit hídrico. O formulado de bactérias (*Bacillus*, *Bacillus* e *Bacillus*) não incrementou na produtividade das cultivares IPR Sabiá e ANFc 9 cultivadas em vasos em casa de vegetação sob déficit hídrico no estágio reprodutivo. Fulaneti (2022) objetivou-se avaliar bactérias para a coinoculação na promoção de crescimento e na produtividade de grãos de soja. A coinoculação com *Pseudomonas fluorescens* e *Bacillus*, apresentaram maior produção de grãos, porém, para

massa de mil grãos não houve diferença. A produtividade de grãos de soja é a resultante dos componentes da produtividade, entre eles, o número de vagens e massa de grãos por planta.

5 CONCLUSÃO

Em relação a massa seca das plantas de soja é possível notar que quando submetido a condições de P-controle, tanto na presença e ausência de *Bacillus*, os resultados foram superiores comparados a condições de P-severo. As condições de P-severo e ausência de *Bacillus*, produziu a maior quantidade de vagens. No P-controle e presença de *Bacillus* apresentou produtividade maior em relação aos demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

AHMAD, M. et al. Potential of Phosphate Solubilizing Bacillus Strains For Improving Growth And Nutrient Uptake In Mungbean And Maize Crops. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, Faisalabad, v. 53, n. 2, p. 283-289, mar. 2019.

ALVARENGA, A. **Fósforo No Solo: Um Limitante Na Produção De Grãos No Brasil**. 2023. Disponível em: <https://rehagro.com.br/blog/fosforo-no-solo-brasileiro/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

BEDIN, I. et al. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades Tampão de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 639-646, 2003.

BOSCHIERO, B. N. 6 maiores produtores de soja do mundo: quando e quanto produzem? AGROADVANCE, 2023. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-6-maiores-produtores-de-soja-do-mundo/>. Acesso em: 16 nov. 2023.

BRUCI, B. C. **Amenização Do Estresse De Fósforo Usando Bactérias Associativas Em Brachiaria Em Solos Do Cerrado**. 2022. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2022.

CARRÃO-PANIZZZI, M. C. Melhoramento De Cultivares De Soja Especiais Para Processamento E Utilização. In: **Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE)**, 2013.

CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. *Bacillus* sp. Como Promotor De Crescimento Em Soja. **Revista de Ciências Agrárias**, 2021. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/22557/18835> >. Acesso em: 20 nov. 2023.

CHAGAS JUNIOR, A. F. et al. *Bacillus subtilis* Bs10 As An Efficient Inoculant For Growth Promotion In Soybean Plants. **Semina: Ciências Agrárias**, [S.L.], v. 43, n. 4, p. 1769-1786, 20 maio 2022. Universidade Estadual de Londrina. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n4p1769>.

DUARTE, Giuliana Rayane Barbosa. **Como Fazer O Manejo Adequado Da Adubação Fosfatada**. 2023. Elaborado por Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/adubacao-fosfatada/>. Acesso em: 09 nov. 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Visão 2030. 2015: **O Futuro da Agricultura Brasileira**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/>. Acesso: 22 de OUTUBRO de 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FONSECA, B. Os Impactos Da Guerra Rússia X Ucrânia Para Os Produtores Brasileiros. **Dinheiro Rural**. São Paulo, p. 1-128. 25 mar. 2022.

FULANETI, F. S. **Opções De Bactérias Na Coinoculação Na Cultura Da Soja**. 2022. 74 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Santa Maria, 2022.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Cinética De Transformação De Fósforo-Lábil Em Não-Lábil, Em Solos De Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.13, p.13-24, 1989.

LOURENÇO, J. C. et al. Evolução Do Agronegócio Brasileiro, Desafios E Perspectivas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 118, 2009

MACHADO, A. W. **Fertilizantes: Adubo - Fósforo**. 2022. Agrolink. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/>. Acesso em: 09 nov. 2023.

MACHADO, B. de A. **Reações Do Fósforo No Solo E Práticas Para Minimizar Efeitos**. 2021. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-reacoes-do-fosforo-no-solo-e-praticas/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MARIANO, B. R. C. **Produtividade Do Feijoeiro Em Resposta A Inoculação De Bactérias Hidrocapacitoras Sob Déficit Hídrico**. 2022. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.

MELLO, M. **Conflito Entre Rússia E Ucrânia Pode Gerar Escassez De Trigo No Mundo**. BdF, 2022. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2022/03/02/conflito-entre-russia-e-ucrania-pode-gerar-escassez-de-trigo-no-mundo> . Acesso em: 16 nov. 2023.

MELO, F. de B. **Contando Ciência na Web**. 2023. Embrapa Meio-Norte. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/contando-ciencia/solos/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

MENDES, B. **Agronegócio Brasileiro: Entre Narrativas E Números**. CNN Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/forum-opinio/agronegocio-brasileiro-entre-narrativas-e-numeros/>. Acesso em: 16 nov. 2023.

MONNERAT, R. et al. Manual De Produção E Controle De Qualidade De Produtos Biológicos À Base De Bactérias Do Gênero *Bacillus* Para Uso Na Agricultura. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia / Documentos**, 369, Brasília, v. 369, 47 p., 2020. Acesso em: ...? Sugerimos padronizar.

MOREIRA, S. G. **Calagem Em Sistema De Semeadura Direta E Efeitos Sobre A Acidez Do Solo, Disponibilidade De Nutrientes E Produção De Soja**. 1999. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999. (pq não 5ª aproximação?)

NDOUNG, O. C. N. et al. **Potencial de *Bacillus aryabhattai* para o controle de *Meloidogyne incognita* na cultura do milho**. 2019.

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, M. P. et al. Mercado De Fertilizantes: Dependência De Importações Do Brasil. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 489-498, 2019.

OLIVEIRA, S. L. de et al. Efeito Da Aplicação De *Bacillus Aryabhattai* No Crescimento Inicial Do Feijoeiro Sob Diferentes Capacidades De Campo. **Comeia**, Patos de Minas, v. 2, n. 1, p. 8-17, nov. 2020.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. et al. **Microorganismos Solubilizadores De Fósforo E Potássio Na Cultura Da Soja**. Embrapa, Bioinsumos na Cultura da Soja, cap. 9, 2022.

PINHEIRO, Y A. et al. Impactos Da Pandemia Covid-19 Na Importação De Fertilizantes Para O Agronegócio Brasileiro. **Implicações Socioeconômicas da COVID-19 no Brasil e no Mundo**, p. 147-156, 2022.

REIS, A. C. **Importância De Áreas De Refúgio Para Plantas Bt**. 2022. Grupo PET Agronomia — Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <https://www.ufsm.br/pet/agronomia/2022/03/31/importancia-de-areas-de-refugio-para-plantas-bt>. Acesso em: 20 nov. 2023.

RODRIGUES, R. O Céu É O Limite Para O Agronegócio Brasileiro. **Revista Conjuntura Econômica**, v. 60, n. 11, p. 14-15, 2006.

SANTOS, M. S. dos. **Bactérias Do Gênero *Bacillus* Podem Atuar Como Promotoras Do Crescimento Da Soja**. 2023. Disponível em: <https://maissoja.com.br/bacterias-do-genero-bacillus-podem-atuar-como-promotoras-do-crescimento-da-soja/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

SCREMIN, N. et al. Formas De Financiamento De Insumos No Cultivo Da Soja: Análise Das Modalidades Barter, Capital Próprio E Financiamento De Terceiros. **Cadernos de Gestão e Empreendedorismo**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, mai.-ago. 2020. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/cge/article/view/43238/25346> . Acesso em: 16 nov. 2023.

SHIVAJI, S. et al. *Janibacter hoylei* sp. nov., *Bacillus isronensis* sp. nov. and *Bacillus aryabhatai* sp. nov., isolated from cryotubes used for collecting air from the upper atmosphere. **International Journal Of Systematic And Evolutionary Microbiology**, [S.L.], v. 59, n. 12, p. 2977-2986, 30 jul. 2009. Microbiology Society. <http://dx.doi.org/10.1099/ijs.0.002527-0>.

SOUZA, V. **Veja Como O Agronegócio Brasileiro Pode Ser Impactado Pelo Conflito Entre A Rússia E A Ucrânia**. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2022/02/24/veja-como-o-agronegocio-brasileiro-pode-ser-impactado-pelo-conflito-entre-a-russia-e-a-ucrania.ghtml>. Acesso em: 04 dez. 2023.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKY, D. A. **Principles and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach**. McGraw Hill, Inc. Book Co., New York, 352-358, 1997.

VELOSO, C. ***Bacillus aryabhatai*: Conheça Este Microrganismo E Seus Benefícios Para A Agricultura**. 2022. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/bacillus-aryabhatai-conheca-este-microrganismo-e-seus-beneficios-para-a-agricultura>. Acesso em: 20 nov. 2023.

VELOSO, C. **Como A Rizobactéria *Bacillus aryabhatai* Pode Melhorar A Disponibilidade De Fósforo Em Sistemas De Cultivo Consorciado**. 2023. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/como-a-rizobacteria-bacillus-aryabhatai-pode-melhorar-a-disponibilidade-de-fosforo-em-sistemas-de-cultivo-consorciado/>. Acesso em: 20 nov. 2023.

ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. dos. **Solos Tropicais: formação do solo tropical**. Formação do solo Tropical. 2021. Embrapa Solos. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/formacao-do-solo-tropica>. Acesso em: 20 nov. 2023.