

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

VINÍCIUS PENTEADO CATALANI

**PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS: EFEITO DO
FERTILIZANTE BRUTAL PLUS®, INOCULAÇÃO, APLICAÇÃO DE *Azospirillum*
brasilense E ADUBAÇÃO FOLIAR**

VINÍCIUS PENTEADO CATALANI

**PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS: EFEITO DO
FERTILIZANTE BRUTAL PLUS®, INOCULAÇÃO, APLICAÇÃO DE *Azospirillum*
brasilense E ADUBAÇÃO FOLIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita
Filho”, como parte das exigências para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Prof. Dr. Edson Lazarini

Orientador

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C357p Catalani, Vinícius Penteado.
Produção de soja em sistemas sustentáveis: efeito do fertilizante Brutal plus®, inoculação, aplicação de *Azospirillum brasilense* e adubação foliar / Vinícius Penteado Catalani. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
35 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Edson Lazarini

Inclui bibliografia

1. Glycine max. 2. Bradyrhizobium spp. 3. Azospirillum brasilense. 4. Sistemas de produção.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÔNOMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

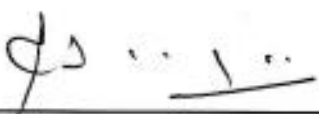
TÍTULO: PRODUÇÃO DE SOJA EM SISTEMAS SUSTENTÁVEIS: EFEITO DO FERTILIZANTE BRUTAL PLUS®, INOCULAÇÃO, *Azospirillum brasilense* E ADUBAÇÃO FOLIAR.

ALUNO: VINÍCIUS PENTEADO CATALANI - RA: 382054594

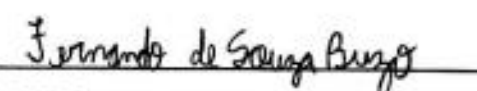
ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LAZARINI

Aprovado ☒ - Reprovado () pela Comissão Examinadora. Nota: 10,0

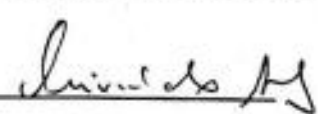
Comissão Examinadora:



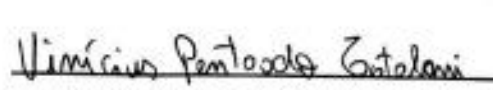
PROF. DR. EDSON LAZARINI



DOUTORANDO MSc. FERNANDO DE SOUZA BUZO



PROF. DR. ORIVALDO ARF



ALUNO: VINÍCIUS PENTEADO CATALANI

Ilha Solteira(SP) 07 de julho de 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar saúde durante todo esse período e proporcionar a oportunidade de me graduar em Engenharia Agrônômica.

À minha família, irmãos (Victor e Davi) e principalmente meus pais, Marcelo Henrique Catalani e Elaine Cristina Penteado que sempre se esforçaram ao máximo e investiram na minha educação para que eu pudesse chegar até aqui. Serei eternamente grato por sempre me apoiarem, me incentivarem a seguir meus sonhos e tornarem tudo isso possível. Muito obrigado pela confiança e ensinamentos, sem vocês nada disso seria possível.

Pai, você é uma grande fonte de inspiração para mim, por tudo que faz pela nossa família, sempre buscando o melhor para nós. Mãe, você abdicou da sua profissão e da sua carreira, para que pudesse cuidar de mim e dos meus irmãos, sempre fazendo de tudo por nós. Tenho muito orgulho de vocês, muito obrigado!

Agradeço a toda minha família, avós, avôs, tias e tios, por todo apoio e sempre estarem presente na minha vida.

Aos professores que tive a oportunidade de trabalhar lado a lado, Orivaldo Arf e Edson Lazarini. Muito obrigado pelo conhecimento transmitidos por vocês, tanto dentro da sala de aula, quanto no campo.

Aos meus irmãos de república, por estarem presente ao longo desses anos, sempre deixando os dias mais felizes. Obrigado por me acompanharem nessa jornada, vocês foram essenciais. Em especial aos que tive o privilégio de morar junto: Tiago, Bruno, Carlos, Nelson, Diego, Brian, Miguel, Guilherme, Pedro, Lucas, João Paulo e Vinícius.

Agradeço também aos meus amigos da época da escola, que mesmo distante fisicamente se fizeram presente durante todos esses anos, Vitor, Tito, Lucas, João Pedro e Thales.

Agradeço a minha namorada, Lilybeth, por todo apoio e companheirismo. A vida com você é mais feliz.

Aos colegas do grupo de pesquisa que pude a oportunidade de trabalhar juntos e auxiliaram na condução desse e de outros trabalhos. Em especial meu grande amigo Fernando, muito obrigado por todos os ensinamentos.

Por fim, gostaria de agradecer todos os professores e funcionários da UNESP, campus de Ilha Solteira. Vocês contribuíram para que eu pudesse viver uma das melhores experiências de toda a minha vida e tivesse a oportunidade de me tornar um “Engenheiro Agrônomo”. Muito obrigado!

RESUMO

O Brasil, na safra 2022/23, foi o maior produtor de soja do mundo. Essa elevada produção só é possível através da utilização de fertilizantes que disponibilizam para o solo os nutrientes necessários para um bom desenvolvimento da cultura. Os fertilizantes podem ser de diferentes classes e aplicados de diversas maneiras. Além disso, caso utilizados de maneira errônea podem trazer prejuízos ao meio ambiente. Tendo em vista esses pontos, o objetivo do trabalho foi avaliar outros sistemas de produção utilizando diferentes maneiras de adubação, com a tentativa de implantar sistemas mais sustentáveis e com menores riscos ambientais. O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, localizada em Selvíria-MS com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 3 x 2 x 2, ou seja, 3 diferentes quantidades de fertilizante mineral (formulação como fonte de P e K), aplicado no sulco de semeadura (S1 - dose recomendada para a cultura da soja; S2 – metade da dose recomendada e S3 – não utilização de fertilizante mineral), avaliadas na presença e ausência de *Azospirillum brasilense*, e presença ou ausência de adubação foliar, como fonte de B, Ca, Mg, Mn, Mo, K e Zn. As sementes utilizadas em todos os tratamentos foram inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium spp.* As avaliações realizadas foram: população de plantas por hectare, altura de planta, número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade por hectare. Também foram avaliados os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn. Por meio dos resultados obtidos, conclui-se que buscando elevadas produtividades, o sistema 1 com a utilização de *Azospirillum* via foliar, foi o que mais se destacou.

Palavras-chave: *Glycine max.* *Bradyrhizobium spp.* *Azospirillum brasilense*. Sistemas de produção.

ABSTRACT

Brazil was the world's largest soybean producer in the 2022/23 harvest. This high production is only possible through the use of fertilizers that provide the necessary nutrients to the soil for the crop's proper development. Fertilizers can be of different types and applied in different ways. Moreover, if not used in a correctly way, they will bring harm to the environment. Considering these points, the objective of the study was to evaluate alternative production systems using different fertilization methods, aiming to implement more sustainable systems with lower environmental risks. The experiment was conducted at the Teaching, Research, and Extension Farm (FEPE) of UNESP, located in Selvíria-MS, with soil classified as dystrophic Red Latosol (Oxisol). The experimental design used was randomized blocks, with treatments arranged in a 3 x 2 x 2 factorial scheme. In other words, three different quantities of mineral fertilizer (with P and K as the nutrient sources) were applied in the sowing furrow (S1 - recommended dose for soybean cultivation; S2 - half of the recommended dose; S3 - no use of mineral fertilizer). The treatments were evaluated in the presence and absence of soybean seed co-inoculation with *Azospirillum brasilense*, as well as in the presence or absence of foliar fertilization. Additionally, in all treatments, the seeds were inoculated with bacteria of the genus *Bradyrhizobium* spp. The evaluations carried out included plant population per hectare, plant height, number of soybean pods per plant, 100-grain weight, and yield per hectare. Leaf contents of N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, and Zn were also assessed. Based on the results obtained, it can be concluded that, in pursuit of high yields, system 1 with co-inoculation was the most prominent.

Keywords: *Glycine max.* *Bradyrhizobium* spp. *Azospirillum brasilense*. Production systems

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 A soja	11
2.2 Adubação.....	12
2.3 Inoculação.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5 CONCLUSÃO.....	30
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
6 ANEXO.....	34

1 INTRODUÇÃO

A soja, como principal oleaginosa produzida e cultivada no Brasil, está muito presente na alimentação dos seres humanos e dos animais, sendo considerada uma importante “commodity” no mercado mundial (ALBRECHT et al., 2012). Segundo dados da CONAB, o Brasil produziu cerca de 154,8 milhões de toneladas de soja na safra 2022/23, mesmo com queda na produtividade devido a condições climáticas adversas, mostrando realmente a importância da cultura no Brasil e no mundo.

Devido ao alto teor de proteínas presente nos grãos, a cultura necessita de elevadas quantidades de nutrientes, principalmente de nitrogênio, sendo que para produzir 1 tonelada do grão são necessários 80 kg do nutriente (SEIXAS et al., 2020).

Esses nutrientes requeridos pela cultura podem ser disponibilizados por meio de fertilizantes minerais, entretanto, quando se trata do nitrogênio é aconselhado não utilizar estes fertilizantes, tendo em vista fatores como o aumento do custo de produção, poluição do meio ambiente caso a adubação seja mal manejada e diminuição na formação de nódulos pelas bactérias, reduzindo também a quantidade de nitrogênio fixado biologicamente (SILVA et al., 2015). Portanto, a fim de evitar o uso de fertilizantes minerais, podem ser utilizadas certas bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, que através da fixação biológica do nitrogênio (FBN), podem fornecer a quantidade total de nutriente requerido pela cultura (PETTER et al., 2012). Com a utilização dessas bactérias, o Brasil chega a economizar aproximadamente R\$ 40 bilhões/ano (EMBRAPA, 2020).

Com o intuito de otimizar a fixação simbiótica de nitrogênio e amenizar os efeitos do decréscimo do número de nódulos ao longo do ciclo da cultura da soja, tem-se recomendado o uso de outras bactérias além do gênero *Bradyrhizobium*, como as do grupo *Azospirillum* ou também conhecidas como bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP), que podem promover benefícios para a cultura através da produção de fitormônios e estimulando alterações fisiológicas nas plantas (MEERT et al., 2020).

Hungria et al. (2013) citam que plantas de soja coinoculadas com essas duas bactérias, *Bradyrhizobium* sp. e *Azospirillum brasilense* apresentam um ganho médio de produtividade de 16%, que é o dobro do proporcionado pela inoculação apenas com *Bradyrhizobium* sp.

Assim como o uso de bactérias, outra alternativa para a adubação convencional, é a adubação orgânica, podendo esta ajudar o solo a se reconstruir de maneira biológica, química e física. Os adubos orgânicos possuem diferentes composições e a maneira que ocorre a

mineralização dos nutrientes vai depender da relação carbono/nitrogênio (PEREIRA et al., 2015).

O período de maior demanda nutricional da soja é quando ela chega no estágio V2 até o estágio R5 (STAUT, 2007). Ademais, durante esse período acontecem grandes movimentações de nutrientes das folhas para as sementes que estão se desenvolvendo e a absorção de nutrientes pelas raízes também diminuem (SUZANA et al., 2012). Portanto, para ajudar a fornecer os nutrientes suficientes e chegar a uma produção elevada, pode-se fazer o uso da adubação foliar, pois é uma maneira de disponibilizar os nutrientes para a cultura de maneira mais rápida, sem precisar que o fertilizante disponível no solo passe por diversas reações para depois ser absorvido (STAUT, 2006). Portanto, a adubação foliar é uma maneira de suplementar a quantidade de nutrientes para as plantas ou fornecê-los em sua totalidade, podendo fornecer macro e/ou micronutrientes.

A prática conhecida como rochagem envolve a adição de compostos inorgânicos de origem mineral ao solo, que atuam como corretivos e fertilizantes. Trata-se de uma técnica que busca a remineralização do solo por meio da aplicação direta desses compostos. A calagem e a fosfatagem natural são dois exemplos típicos desse tipo de técnica (BRITO et al., 2019).

O pó de rocha pode ser obtido de diferentes rochas, com diferentes características, portanto, é possível se obter uma ampla variedade de nutrientes nesses compostos, como por exemplo fósforo, potássio, cálcio, magnésio e diversos micronutrientes. A aplicação do pó de rocha busca reduzir o uso dos fertilizantes, auxiliando também na redução dos impactos ambientais causados quando mal utilizados (BRITO et al., 2019).

Neste sentido, o objetivo foi avaliar outros sistemas de produção utilizando diferentes maneiras de adubação, com a tentativa de implantar sistemas mais sustentáveis e com menores riscos ambientais e seus reflexos na produtividade da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A soja

Segundo Hymowitz (1970), a soja (*Glycine max* (L) Merrill) cultivada atualmente, teve sua origem na Ásia, mais precisamente na China, por volta do século XVII a.C, sendo considerada uma das culturas mais antigas do mundo. Como a agricultura chinesa não havia sido difundida para os demais países da região, a soja permaneceu sendo cultivada na China por diversos anos, até que entre os séculos II a.C e III d.C a cultura foi introduzida em alguns países próximos, como Coréia e Japão (Probst & Judd, 1973).

O primeiro relato de cultivo da soja no continente europeu data de 1739, quando missionários chineses enviaram sementes da cultura, que foram semeadas no Jardim Botânico de Paris. A partir desse momento, a cultura da soja começou a ser difundida pelo mundo, chegando a outros países europeus e em seguida no continente americano, chegando nos Estados Unidos da América por volta de 1804 (Piper & Morse, 1923).

A primeira referência da cultura no Brasil data de 1882, quando D'utra (1882) relatou os primeiros resultados do cultivo de soja na Bahia, entretanto, os resultados obtidos não eram tão promissores, devido as cultivares que eram oriundas dos Estados Unidos. A partir de então, se iniciaram diferentes estudos com a cultura no Brasil e com incentivo de órgãos como a Secretaria de Agricultura, Comércio e Obras públicas, que no ano de 1900 forneceu sementes para cerca de 70 pessoas, a cultura foi se difundindo no país (Krichbaum, 1900).

Em 1949, o Brasil já aparecia nas estatísticas internacionais como produtor de soja, entretanto, essa produção restringia-se aos estados da região Sul, principalmente o estado do Rio Grande do Sul. A partir do ano de 1968 com a expansão das fronteiras agrícolas a soja foi ganhando espaço e força no território brasileiro, chegando com mais intensidade em estados como São Paulo, Goiás e Mato Grosso (ALLIPRANDINI et al.,1993). Por meio dos dados do IBGE apresentados por Bonatto (1987), na safra 1968/69 o Brasil produzia cerca de 1 milhão de tonelada do grão, em uma área de 906 mil hectares, evidenciando o crescimento da cultura no país em poucos anos.

Segundo dados da Conab (2023), o estado do Mato Grosso é o maior produtor de soja do país, com uma área de aproximadamente 11,9 milhões hectares. Além disso, o Brasil ocupa o primeiro lugar no ranking de países produtores de soja, com uma área de cerca de 43,8 milhões de hectares e uma produção de 154,8 milhões de toneladas do grão, mostrando a importância da cultura para o país e mundo.

O grão de soja pode ter mais de 20% de óleo e 40% de proteína (ROESSING e GUEDES, 1993). Por esse motivo, após seu processamento, os grãos dessa cultura podem ser

utilizados para o consumo humano e dos animais. Uma parte desse consumo é interno do país, porém grande parte da soja é exportada, correspondendo cerca de 95 milhões de toneladas a exportação do grão in natura. Além disso, o grão pode ser esmagado para produção do farelo de soja, sendo produzido quase 40 milhões de toneladas. A exportação do farelo de soja corresponde a praticamente 50% da produção, com 20,6 milhões de toneladas exportadas. Outro destino do grão é a produção de óleo de soja, sendo possível produzir biodiesel através da utilização dele, com uma produção estimada de 8,2 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

Essa cultura é extremamente exigente em nutrientes, tanto em macro quanto em micronutrientes. Tendo em vista que os grãos de soja apresentam aproximadamente 6,5% de nitrogênio, esse nutriente é o mais exigido pela cultura. Para uma produção de 3.000 kg, o equivalente a 50 sacas, são necessários 240 kg de N (CRISPINO et al, 2001).

O nitrogênio e os demais nutrientes absorvidos pela cultura podem ser provenientes dos solos onde são cultivadas, porém, muitas vezes não são suficientes, sendo necessário fornecê-los por meio da utilização de fertilizantes.

2.2 Adubação

Pode ser considerado como fertilizante qualquer fonte de nutriente mineral ou orgânico, que quando aplicado no solo onde a planta está ou diretamente a ela, proporciona efeitos, contribuindo com sua produção em termos de qualidade e quantidade (MOCELLIN, 2004).

Existem diversas formas de adubação, podendo ser utilizados tipos de fertilizantes minerais sólidos ou fluido. Os fertilizantes minerais sólidos podem ser classificados como simples, quando são fontes de apenas um nutriente como, por exemplo a ureia (fonte de N), ou como compostos, quando são fontes de mais de um nutriente, como por exemplo fosfato monoamônico (MAP - fonte de fósforo e nitrogênio) (BOARETTO; CANTARELLA; MATTOS JUNIOR, 2022).

A utilização dos adubos minerais é necessária, pois sem eles ficaria inviável o cultivo de culturas altamente exigentes e produtivas, principalmente em regiões com solos menos férteis. Entretanto, o grande problema da utilização deles é o custo, tendo em vista que a maior parte dos fertilizantes são oriundos de outros países. Segundo dados da Comex Stat (2023), no ano de 2022 o Brasil importou pouco mais de 38 milhões de toneladas, a um custo total de aproximadamente 24,7 bilhões de dólares.

Uma outra maneira de realizar a adubação é por meio da utilização de adubos orgânicos, como por exemplo esterco bovino. Essa maneira de adubação possui seus

benefícios, sendo menos prejudicial ao meio ambiente e por liberar nutrientes de maneira mais lenta, de acordo com a velocidade da mineralização da matéria orgânica. Entretanto, devido a baixa concentração de nutrientes, são aplicados entre 10 e 100 t ha⁻¹ de esterco bovino, tendo seu uso dificultado devido a logística de produção e transporte do material até as propriedades (BERTON, 2022).

Ainda sobre a adubação orgânica, IN nº 61 de 08/07/2020 existem alguns biofertilizantes, que segundo a IN nº 61 de 08/07/2020 podem ser definidos como: produtos que são capazes de atuar sobre as plantas cultivadas e não possuem qualquer substância agrotóxica como princípio ativo. Esses biofertilizantes podem ser subdivididos em: biofertilizante de aminoácidos; biofertilizante de substâncias húmicas; biofertilizante de extratos de algas ou algas processadas; biofertilizante de extratos vegetais; biofertilizante composto (BERTON, 2022).

Esses fertilizantes podem ser divididos em duas classes, sendo elas classe A e classe B, de acordo com a seleção da matéria prima utilizada na sua produção. Esses produtos possuem sua matéria prima gerada em atividades extrativistas, industriais, agroindustriais, entre outras. A grande diferença entre as duas classes está na segregação e coleta diferenciada dos resíduos. Sendo assim, produtos classe A são aqueles que passam por uma etapa de coleta separada em três frações: resíduos orgânicos, resíduos recicláveis e rejeitos, evitando qualquer tipo de contaminação. Já os produtos classe B são aqueles que utilizam como matéria prima qualquer fração de lixo orgânico doméstico, ou seja, não há coleta seletiva. Um exemplo de fertilizante classe B é o lodo de esgoto (BERTON, 2022).

A adubação via foliar, ou seja, a adubação realizada diretamente sobre as folhas da cultura por meio de pulverizações é uma alternativa para contribuir com o fornecimento de macronutrientes e principalmente de micronutrientes, visando corrigir deficiências, melhor desenvolvimento da cultura e aumentar a produção. Vale ressaltar que apesar de ser mais eficiente e contribuir para a assimilação de outros nutrientes via raiz, a adubação via foliar não substitui a adubação realizada no solo, principalmente quando se trata de macronutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio, tendo em vista que as folhas não absorvem toda a quantidade demandada pela planta desses nutrientes. Dessa forma, deve ser uma prática realizada em conjunto com a adubação no solo (MOCELLIN, 2004).

A adubação foliar pode ser realizada em diversos estádios de desenvolvimento da cultura. Entretanto, existem alguns fatores que influenciam na absorção desses nutrientes aplicados, portanto, é preciso se atentar aos momentos que será realizada a adubação foliar. Os fatores que influenciam na absorção foliar são: luz (maior absorção durante maior

intensidade luminosa), temperatura (realizar em momentos de menores temperaturas e elevada umidade devido a presença de orvalho – início da manhã ou final da tarde) e umidade atmosférica (MOCELLIN, 2004).

2.3 Inoculação

As bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, possuem extrema importância no fornecimento de nitrogênio para a cultura da soja. Essas bactérias são capazes de realizar uma relação simbiótica com a cultura, formando-se nódulos nas raízes. A partir da formação desses nódulos, essas bactérias, por meio da enzima nitrogenase, são capazes de fixar o nitrogênio atmosférico e fornecê-lo para a cultura, esse processo é conhecido como fixação biológica de nitrogênio (FBN) (CRISPINO et al, 2001).

Uma outra importante bactéria é a *Azospirillum brasilense*, a qual realiza a fixação biológica do nitrogênio em culturas como o milho e trigo, por exemplo. A partir do ano de 2013 se iniciou um processo conhecido coinoculação na cultura da soja, no qual são utilizadas ambas as bactérias citadas anteriormente. No caso da soja, as bactérias do gênero *Azospirillum* são capazes de produzir fitormônios que irão estimular o desenvolvimento da cultura, principalmente do sistema radicular. Dessa forma, é possível obter raízes mais volumosas, com um número de ramificações maior, promovendo maior absorção de água, nutrientes e superfície para nodulação e realização da FBN (Rondina et al., 2020).

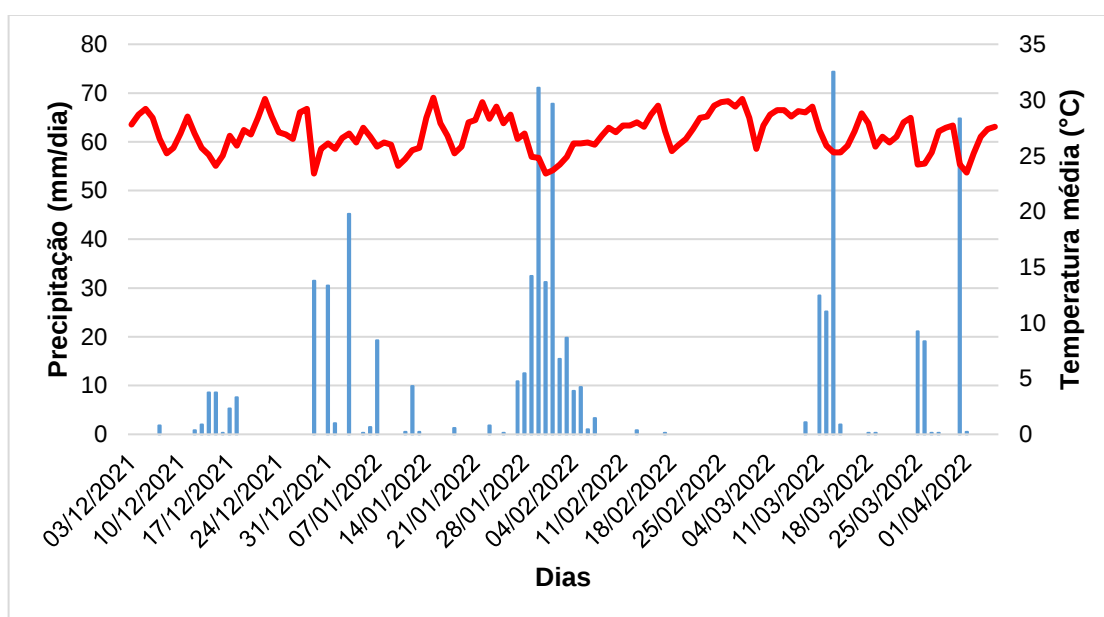
Vale ressaltar a importância de se realizar as inoculações todos os anos, pois mesmo que algumas bactérias sobrevivam durante o período que a soja não está em campo, existe o risco de a soja não realizar uma boa nodulação, comprometendo toda a produção e investimento, além de ser uma prática “barata” (PRANDO et al., 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no ano agrícola 2021/22, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada na cidade de Selvíria - MS, situada a 20°20'53" de Latitude Sul e 51°24'02" de Longitude Oeste, com a altitude de 335 m, aproximadamente.

O solo do local é do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (SANTOS et al., 2018). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com precipitação pluvial média anual de 1.322 mm e temperatura média anual de 23°C (ALVARES et al., 2013). A área possuía um pivô central, portanto, a suplementação hídrica foi realizada toda vez que havia intervalos maiores que 3 a 4 dias sem chuvas, entretanto, na fase inicial do experimento o pivô estava com problemas, sendo assim, não foi possível utilizá-lo.

Figura 1. Precipitação e temperatura média durante o experimento



Fonte: Adaptado do clima.feis

A área já está inserida no sistema de produção de grãos há vários anos e a partir de outubro/2019, iniciou – se estudos com diferentes culturas e sistemas de produção. Como trata-se de estudo com doses de fertilizantes, manteve-se para este experimento, as mesmas parcelas com estes tratamentos avaliadas em culturas anteriores. Na Tabela 1, encontram-se os resultados da análise química do solo, retirada após o cultivo da soja safra 2021/22, em cada sistema de produção.

Tabela1: Resultados da análise química de amostras de solo obtida na profundidade de 0 – 0,20 m de profundidade, em cada sistema de produção. Selvíria – MS, 2022.

Siste- mas	P resina	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³							%
S1	37	18	5,1	1,6	26	20	25	1	47,6	72,6	66
S2	62	17	5,2	1,0	27	20	25	0	48,0	73,0	66
S3	65	18	5,9	1,0	49	32	18	0	82,0	100,0	82

S1 – Sistema 1 – uso da dose de fertilizante mineral conforme recomendação das culturas em sucessão utilizadas nas diferentes safras.

S2 – Sistema 2 - uso de metade da dose de fertilizante mineral utilizada no sistema 1 e uso do fertilizante Brutal Plus®

S3 – Sistema 3 – não uso de fertilizante mineral e uso do fertilizante Brutal Plus®.

Para o ano agrícola 2021/22, utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com os tratamentos dispostos em um esquema fatorial 3 x 2 x 2, ou seja, 3 diferentes quantidades de fertilizante mineral (formulação como fonte de P e K), aplicado no sulco de semeadura, denominados sistemas de produção, definidos a seguir:

- **Sistema 1 (S1)** - dose de fertilizante mineral recomendada para a cultura da soja, segundo Ambrosano et al 1996, levando-se em consideração os resultados da análise de solo;

- **Sistema 2 (S2)** - metade da dose recomendada + 1,5 t ha⁻¹ de pó de rocha (Brutal Rocks®) aplicado em 2019;

- **Sistema 3 (S3)** - não utilização de fertilizante mineral + 2,5 t ha⁻¹ de pó de rocha (Brutal Rocks®) aplicado em 2019.

No sistema 2 e sistema 3, também foram realizadas aplicações foliares de 250 mL ha⁻¹ de fertilizante orgânico classe A (contendo 127 bactérias e 13 fungos benéficos), derivado de matérias primas selecionadas, desenvolvido através da fermentação natural durante o processo de compostagem, comercializado com a marca Brutal Plus®. Na calda de pulverização, também foi acrescentado 200 g ha⁻¹ de ultrasal® e 150 g ha⁻¹ de Brutal Calcio®.

As sementes utilizadas na semeadura, em todos os sistemas, foram inoculadas com *Bradyrhizobium spp* antes da semeadura, na dose recomendada pelo fabricante.

Esses três sistemas, foram avaliados na ausência ou presença de *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab V5 e Ab V6 na concentração de 2 x 10⁸ UFC mL⁻¹, nome comercial SOLUNAT L – Brasileira), aplicado via foliar nas doses recomendadas para a cultura da soja e

na ausência ou presença de suplementação de nutrientes via foliar através de 4 aplicações com diferentes produtos em diferentes estádios, conforme descrita a seguir:

-Estádios V4 - V5 e V6 – V8 – aplicação de fertilizante foliar aditivado com aminoácidos, como fonte de Mn, Zn, Cu, B e Mo (nome comercial – Exion Max);

-Estádio R1 – aplicação de fertilizante aditivado com aminoácidos como fonte de Ca, Mg, B e Mo, objetivando maior formação e fixação de estruturas reprodutivas (nome comercial – Exion Peg⁺) e ,

-Estádio R4 – R5 – aplicação de fertilizante aditivado com aminoácidos, como fonte de K e B, objetivando melhor desenvolvimento e uniformidade dos grãos (nome comercial – KBT K – Bor Dry).

As parcelas foram constituídas por 7 linhas com 10 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m nas entrelinhas e foi considerado como área útil, as 3 linhas centrais desprezando-se 2,0 m em cada extremidade. Utilizou-se o sistema de semeadura direta, ou seja, não houve preparo do solo para a instalação da cultura. No período de outono/inverno, a área foi ocupada com a cultura do trigo.

Independente do tratamento, antes da semeadura as sementes foram tratadas com fungicidas e inseticidas recomendados para a cultura

A sequência de operações realizadas no experimento foi:

- **29/10/2021** – dessecação das plantas daninhas: utilização dos herbicidas glifosato, cletodim e carfentrazone, adicionando-se a calda óleo mineral.

- **03/12/2021** – semeadura da soja: sistema 1: sementes tratadas com fungicidas carbendazin + thiram e inoculadas com inoculante a base de *Bradyrhizobium spp.* Utilizou-se como adubação de base, 300 kg ha⁻¹ da formulação 02-20-20. Sistema 2: sementes tratadas como o Fertilizante Orgânico Composto Classe A (Brutal Plus®) e inoculadas com *Bradyrhizobium spp.* Foi realizada adubação de base com 150 kg ha⁻¹ da formulação 02-20-20. Sistema 3: sementes tratadas como o Fertilizante Orgânico Composto Classe A (Brutal Plus®) sendo 200 ml/40 kg de semente e inoculadas com *Bradyrhizobium spp.* Não foi realizada a adubação de base.

- **14/12/2021** – Nova semeadura em função da má germinação. Foi realizado uma nova semeadura, tentando-se colocar as sementes no mesmo sulco da semeadura anterior. As sementes utilizadas em cada sistema de manejo foram preparadas de forma semelhante a primeira semeadura e não houve uso de fertilizante mineral na base, independente do sistema a ser avaliado.

- **14/12/2021** – dessecação das plantas de soja que germinaram em função da primeira semeadura e plantas daninhas que já existiam na área. Produto: diquat.

- **11/01/2022** - aplicação nos sistemas 2 e 3, na forma de pulverização, os produtos: Fertilizante Orgânico Composto Classe A (150 mL ha^{-1}) (Brutal Plus®) + fertilizante a base de Mn, Zn, Mg e S, nas concentrações de 4,0%, 3,5%, 3,5% e 3,0% (100 g ha^{-1}) (ultrassal)+ fertilizante a base de Ca (15,0%) (100 g ha^{-1}) (Brutal Cálcio). Volume de calda utilizado foi de 150 L ha^{-1} e a aplicação foi com pulverizador equipado com bicos tipo leque e acoplado a um trator. Essa pulverização foi repetida nas datas de 25/01, 06/02, 17/02 e 03/03/2022, sempre ao final da tarde, após as 18 horas.

- **13/01/2022** – aplicação de herbicidas em toda área experimental – uso de 200 L de calda por hectare e os produtos utilizados foram o glifosato e clorimuron etil.

- **14/01/2022** – primeira aplicação do adubo foliar aditivado com aminoácidos e fonte de Mn, Zn, Cu, B e Mo (Exion Max), nos respectivos tratamentos. Aplicação realizada com pulverizador costal com pressão constante, equipado com bico tipo leque 110 015 e calibrado para aplicação de 150 L ha^{-1} de calda.

- **20/01/2022** – aplicação do *Azospirillum brasilense* (SOLUNAT L – Brasilense). A aplicação foi no final de tarde, nos respectivos tratamentos e utilizou-se 300 mL do produto por hectare, com volume de calda de 150 L ha^{-1} . Aplicação realizada com o uso de trator e pulverizador, com o mesmo equipado utilizado na aplicação do dia 11/01.

- **21/01/2022** - segunda aplicação do adubo foliar aditivado com aminoácidos e fonte de Mn, Zn, Cu, B e Mo, nos respectivos tratamentos, de forma semelhante a aplicação do dia 14/01.

- **28/01/2022** – aplicação do fertilizante foliar aditivado com aminoácidos como fonte de Ca, Mg, B e Mo (Exion Peg+), objetivando maior formação e fixação de estruturas reprodutivas, nos respectivos tratamentos.

- **04/02/2022** – coleta de folhas para diagnose nutricional.

- **20/02/2022** - aplicação de fertilizante aditivado com aminoácidos, como fonte de K e B (KBT K – Bor Dry), objetivando melhor desenvolvimento e uniformidade dos grãos. Volume de calda de 150 L ha^{-1} .

- **22/02/2022** – aplicação de fungicidas e inseticida: trifloxistrobina + protioconazol, mancozebe e acetamiprido + bifentrina. Foi também adicionado a calda, óleo mineral.

- **07/03/2022** – aplicação de inseticidas: tiametoxan + lambda-cialotrina, metomil e triflumurom.

O volume de calda utilizada em cada aplicação de produtos para o manejo de pragas ou doenças, foi de 150 L ha⁻¹. Esse manejo com o uso de produtos químicos, foi realizado somente no Sistema 1, considerado convencional. Nos demais sistemas, as aplicações realizadas em 11/01, 25/01, 06/02, 17/02 e 03/03/2022, além do aspecto nutricional dos produtos utilizados, estes também podem atuar como agentes protetivos em relação a pragas e doenças.

- **05/04/2022** – colheita.

Devido a possibilidade de irrigação, esta foi realizada todas as vezes que houve intervalos de no máximo 3 dias sem chuva, de acordo com a necessidade da cultura. Apenas, na instalação do experimento, o pivô não estava em funcionamento, devido à falta de energia elétrica, motivo pelo qual, houve necessidade de semear novamente o ensaio.

Avaliações:

- **Estado nutricional das plantas:** a amostragem foliar foi realizada quando as plantas estiveram no estágio fenológico R2 (florescimento pleno). A metodologia utilizada para a determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foi segundo Malavolta et al.,1997.

- **População de plantas:** no momento da colheita, foi contado as plantas existentes em 1 linha em 2,0 m de comprimento, na área útil de cada parcela. Os dados obtidos foram transformados em população de plantas ha⁻¹.

- **Características agrônômicas e produtividade de grãos:** no momento da colheita, em uma das linhas da área útil de cada parcela, foram coletadas 5 plantas seguidas, que após identificação, foram levadas para o laboratório para a avaliação de altura de planta (distância entre o colo da planta e a extremidade da haste principal), número de vagens por planta, massa de 100 grãos e produtividade de grãos (mediante a trilha mecanizada das plantas colhidas em 3 linhas com 3,0 m de comprimento, na área útil de cada parcela). Os pesos foram corrigidos para 13% de umidade - base úmida. A umidade dos grãos foi determinada por aparelho digital.

Os dados foram submetidos à análise de variância individual ANOVA pelo teste F ($p \leq 0,05$), e quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do teste F da análise de variância e as médias para cada tratamento, onde pode-se observar que a altura foi influenciada pelo sistema e pela adubação foliar. O número de vagens não teve alterações diante dos tratamentos. Observa-se também que houve interação tripla significativa para massa de 100 grãos, a população de plantas e a produtividade de grãos

Tabela 2. Valores de F e médias de altura, massa de cem grãos, número de vagens, população e produtividade de grãos em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Altura m	População pl. ha ⁻¹	Nº de vagens número	Cem grãos g	Produtividade kg ha ⁻¹
Sistema (S)	21,40**	0,49	3,19	3,09	14,01**
Foliar (F)	6,43**	0,11	1,41	0,14	3,09
A. <i>brasiliense</i> (A)	0,16	0,02	1,84	1,72	0,02
S x F	0,12	3,92*	1,58	16,34**	0,98
S x A	0,09	2,44	1,24	1,02	3,73*
A x F	1,24	4,45*	1,61	1,81	1,4
S x A x F	1,42	3,63*	0,02	5,61**	4,18*
CV%	3,02	15,81	14,94	5,06	13,19
Sistemas					
Sistema 1	0,98 a	247917	53,1	14,57	3949
Sistema 2	0,92 b	237500	55,8	14,43	3138
Sistema 3	0,93 b	235417	48,8	15,05	3309
DMS	0,03	32962	6,8	0,64	397
Adubação Foliar					
Sem Foliar	0,95 a	242130	53,9	14,64	3349
Com Foliar	0,93 b	238426	51,2	14,72	3581
DMS	0,02	22306	4,6	0,44	268
A. <i>brasiliense</i>					
Sem AZO	0,94	239352	51	14,54	3475
Com AZO	0,94	241204	54,1	14,82	3456
DMS	0,02	22306	4,6	0,44	268

* e **: significativo a 5% e 1% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Para os valores de altura de planta o sistema que apresentou maior valor foi o sistema 1, com uma média de plantas com 0,98 m de altura. Além disso, para o fator adubação foliar a maior altura foi obtida nos tratamentos sem aplicação dos fertilizantes foliares (0,95 m).

Na Tabela 3, pode-se verificar o desdobramento da interação tripla dos resultados de produtividade de grãos. Perante a análise estatística não se encontrou diferença significativa entre os sistemas sem *A. brasiliense*, independente da adubação foliar. Já nos sistemas onde houve aplicação de *A. brasiliense*, observa-se resultados significativos na presença e ausência

dos fertilizantes foliares. Sem o uso da adubação foliar o sistema que mais se destacou foi o sistema 1, com uma produtividade de 4299 kg ha⁻¹. Já com o uso dos fertilizantes foliares, o sistema 1 e 3 não diferiram, alcançando os maiores resultados.

Tabela 3. Desdobramento da interação sistemas de produção x adubação foliar, dentro do fator *A. brasilense* para produtividade de grãos de soja (kg ha⁻¹). Selvíria-MS, 2022.

Tratamentos	Sem <i>A. brasilense</i>		Com <i>A. brasilense</i>	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
S1	3513	4060	4299 a	3925 a
S2	3143	3650	3017 b	2743 b
S3	3186	3297	2938 b	3814 a
DMS	793	793	793	793

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

A Tabela 4 compara os sistemas com a ausência e presença de *A. brasilense*, obtendo-se apenas 2 resultados significativos perante a análise estatística, sendo eles o sistema 1 sem adubação foliar e o sistema 2 com a adubação foliar.

A utilização do *A. brasilense* resultou em um aumento na produtividade de aproximadamente 785kg, ou 22%, mostrando o benefício do uso de ambas as bactérias nesse sistema. Dalolio (2018) e Hungria (2013) também apresentaram resultados promissores com o uso de ambas as bactérias na cultura da soja, promovendo um aumento na produtividade.

O sistema 2 com a adubação foliar também apresentou resultados significativos, entretanto, a aplicação de *A. brasilense* prejudicou a produtividade do sistema, reduzindo a produção em quase 25%.

Tabela 4. Desdobramento da interação *A. brasilense* x adubação foliar, dentro do fator sistemas de produção para Produtividade de soja (kg ha⁻¹) em função dos tratamentos, Selvíria-MS, 2022.

Tratamentos	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
Sem Azo	3513 b	4060	3143	3650 a	3186	3297
Com Azo	4299 a	3925	3017	2743 b	2938 B	3814 A
DMS	657	657	657	657	657	657

Médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Por meio da Tabela 4 percebe-se a importância do uso dos foliar para elevar a produtividade, principalmente no sistema 3 na presença de *A. brasilense*, que apresentou um

aumento na produtividade de 876 kg ha⁻¹ quando comparado sem a utilização da adubação foliar, evidenciando a importância dessa técnica.

A Tabela 5 compara os resultados da massa de 100 grãos obtidos entre os diferentes sistemas estabelecidos. É possível notar resultados significativos no tratamento sem aplicação de *A. brasilense* e sem adubação via foliar, no qual o sistema que mais se destacou foi o sistema 2 com um peso de 15,2 gramas em 100 sementes. Obteve-se também resultado significativo diante do tratamento com uso de *A. brasilense* e com adubação foliar, e o sistema que mais se destacou foi o sistema 3 com 15,9 gramas, alcançando o maior peso de 100 grãos entre todos os tratamentos.

Tabela 5. Desdobramento da interação sistemas de produção x adubação foliar, dentro do fator *A. brasilense* para Massa de 100 grãos de soja. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sem <i>A. brasilense</i>		Com <i>A. brasilense</i>	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
S1	13,7 b	15,3	14,7	14,5 b
S2	15,2 a	14,3	15,3	12,9 c
S3	15,0 ab	15,4	14,0	15,9 a
DMS	1,3	1,3	1,3	1,3

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Analisando a ausência/presença da aplicação de *A. brasilense* é possível notar apenas um resultado significativo de acordo com a massa dos grãos (Tabela 6). A massa de 100 grãos dentro do sistema 2 com a presença da adubação foliar foi prejudicado quando se realizou a aplicação de *A. brasilense*, diminuindo cerca de 10%. Os demais tratamentos não diferiram.

Tabela 6. Desdobramento da interação *A. brasilense* x adubação foliar, dentro do fator sistemas de produção para massa de 100 grãos de soja. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
Sem Azo	13,7 B	15,3 A	15,2	14,3 a	15,0	15,4
Com Azo	14,7	14,5	15,3 A	12,9 bB	14,0 B	15,9 A
DMS	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

O uso da adubação via foliar apresentou resultados significativos diante dos 3 sistemas (Tabela 6). O sistema 1 sem o uso de *A. brasilense* apresentou resultados positivos com o uso da adubação foliar, aumentando o peso dos grãos em cerca de 12%. A adubação foliar dentro dos sistemas 2 e 3 quando aplicado *A. brasilense* também apresentou diferença na massa de

100 grãos. No sistema 2 essa adubação foliar diminuiu a massa dos grãos, com uma redução de aproximadamente 16%. Já no sistema 3 a adubação foliar aumentou a massa dos grãos em aproximadamente 14%.

A Tabela 7 mostra a população final de plantas no momento de colheita. Nota-se diferença significativa quando se realizou a aplicação de *A. brasilense* e adubação via foliar. Nessas condições, o sistema 2 e 3 não diferiram, alçando o maior número de plantas.

Tabela 7. Desdobramento da interação sistemas de produção x adubação foliar, dentro do fator *A. brasilense* para População final de plantas. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sem <i>A. brasilense</i>		Com <i>A. brasilense</i>	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
S1	258333	269444	280556	183333 b
S2	238889	222222	236111	252778 a
S3	191667	255556	247222	247222 ab
DMS	65923	65923	65923	65923

Médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

A utilização do *A. brasilense* apresentou dois resultados significativos, um deles no sistema 1 com o uso dos fertilizantes foliares e o outro no sistema 3 sem o uso dos fertilizantes foliares. Nota-se que o sistema 1 + presença de *A. brasilense* + presença de adubação foliar e o sistema 3 + ausência de *A. brasilense* + ausência de adubação foliar obtiveram as menores populações observadas no experimento. Entretanto, como os fertilizantes foliares e o *A. brasilense* foram utilizados quando as plantas já estavam desenvolvidas, ou seja, a população já estava estabelecida, acredita-se que não foi a presença/ausência dos tratamentos que tenha prejudicado a população das plantas, e sim as condições de precipitação no momento de instalação do experimento. (Tabela 8).

Segundo Gaudêncio et al (1990) e Câmara (1998b), a população de plantas é um fator determinante para a produção, devendo evitar populações muito acima da recomendada devido a perdas por acamamento e aumento do custo de produção. Além disso, populações abaixo da recomendada podem gerar perdas na colheita e maior problema com plantas daninhas.

Tabela 8. Desdobramento da interação *A. brasilense* x adubação foliar, dentro do fator sistemas de produção para População final de plantas. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
Sem Azo	258333	269444 a	238889	222222	191667 bB	255556 A
Com Azo	280556 A	183333 bB	236111	252778	247222 a	247222
DMS	54639	54639	54639	54639	54639	54639

Médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Na Tabela 9 estão expressos os resultados do teste F da análise de variância para os valores nutricionais de macronutrientes. Nota-se que os teores de nitrogênio (N) e fósforo (P) apresentaram resultados significativos diante dos sistemas e da utilização fertilizantes foliares. Os teores de potássio (K) não apresentaram resultados significativos diante das variáveis. Houve efeito dos sistemas sobre o teor de magnésio (Mg). Por fim, houve efeito diante da interação tripla nos teores de cálcio (Ca), que foi desdobrada nas Tabelas 10 e 11.

De acordo com a Tabela 9, nota-se que o nitrogênio apresentou maiores teores diante dos sistemas 1 e 2, que não diferiram entre si, com uma concentração de 42,90 e 40,86 g kg⁻¹ de N respectivamente. Além disso, o uso da adubação foliar aumentou os teores de N encontrados, possivelmente devido a aplicação de micronutrientes essenciais para o processo de fixação biológica de nutrientes, sendo eles o cobalto (Co), molibdênio (Mo) e ferro (Fe). O Co está presente na enzima nitrogenase; O molibdênio é componente da coenzima cobamida, precursora da leghemoglobina; O Fe é importante para que ocorra a formação e funcionamento dos nódulos, pela participação do nutriente na nitrogenase e leghemoglobina (HUNGRIA, CAMPOS E MENDES, 2007).

O fósforo (P) apresentou maior teor dentro do sistema 1, isso pode ser explicado devido a aplicação de fertilizante mineral como fonte de P e K na semeadura. Ademais, a utilização da adubação foliar também aumentou os teores desse nutriente, entretanto, não ocorre o mesmo para o potássio (K), que não diferiu. Para o magnésio (Mg) nota-se maior teor dentro do sistema 3, que fez uso apenas da adubação orgânica com o composto orgânico classe A + fertilizante foliar fonte de Mg e outros nutrientes. Os teores de enxofre diferiram entre os sistemas e o que apresentou maior teor foi o sistema 1, seguido pelo 3 e por último o sistema 2 (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de F e médias dos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg e S (g kg⁻¹) em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
Sistema (S)	4,52*	24,35**	2,76	4,24*	26,43**	4,49*
Foliar (F)	10,08**	16,96**	0,65	6,08*	0,07	4,25
<i>A. brasilense</i> (A)	0,09	1,816	0,088	3,98	0,01	3,94
S x F	0,241	0,646	1,807	8,367**	1,24	1,967
S x A	0,67	0,42	0,03	0,98	0,93	0,21
A x F	0,15	0,39	0,00	0,01	0,44	0,25
S x A x F	0,13	1,59	0,39	5,31*	3,27	0,78
cv%	4,73	6,55	8,78	4,46	5,09	7,92
SISTEMA						
Sistema 1	42,90 a	3,72 a	24,05	8,26	3,98 c	4,29 a
Sistema 2	40,86 ab	3,07 b	22,42	8,8	4,36 b	3,99 ab
Sistema 3	40,04 b	3,06 b	21,77	8,64	4,79 a	3,82 b
DMS	2,64	0,29	2,70	0,52	0,30	0,43
ADUBAÇÃO FOLIAR						
Sem Foliar	40,00 b	3,10 b	22,42	8,76	4,39	3,9
Com Foliar	42,54 a	3,46 a	23,07	8,37	4,36	4,17
DMS	1,76	0,19	1,80	0,34	0,20	0,29
<i>A. brasilense</i>						
Sem AZO	41,39	3,22	22,63	8,72	4,37	4,16
Com AZO	41,14	3,34	22,87	8,41	4,38	3,91
DMS	1,76	0,19	1,80	0,34	0,20	0,29

* e **: significativo a 5% e 1% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

De acordo com a Tabela 10, os teores de cálcio não apresentaram diferença significativa quando não houve aplicação de *A. brasilense*, independente da presença ou ausência de adubação foliar. Quando houve a aplicação de *A. brasilense*, observa-se resultados significativos na ausência e presença da adubação via foliar.

Tabela 10. Desdobramento da interação sistemas de produção x adubação foliar, dentro do fator *A. brasilense* para dos teores foliares de Cálcio (g kg^{-1}). Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sem <i>A. brasilense</i>		Com <i>A. brasilense</i>	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
S1	8,75	8,25	7,58 b	8,44 ab
S2	8,7	8,9	8,95 a	8,64 a
S3	9,25	8,47	9,30 a	7,53 b
DMS	1,03	1,03	1,03	1,03

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Observando a Tabela 11, nota-se que a aplicação de *A. brasilense* interferiu negativamente nos teores de cálcio presente nas plantas quando no sistema 1 sem adubação foliar e no sistema 3 com adubação foliar.

O sistema 1 com aplicação de *A. brasilense* apresentou maior teor de cálcio quando realizada a adubação foliar. Já o sistema 3 também com aplicação de *A. brasilense* apresentou efeitos contrários. Mesmo com uma aplicação foliar com cálcio o sistema apresentou menores teores do que quando não realizada a adubação foliar.

Tabela 11. Desdobramento da interação *A. brasilense* x adubação foliar, dentro do fator sistemas de produção para dos teores de Cálcio (g kg^{-1}). Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
Sem Azo	8,75 a	8,25	8,7	8,9	9,25	8,47 a
Com Azo	7,58 bB	8,44 A	8,95	8,64	9,30 A	7,53 bB
DMS	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841	0,841

Médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Na Tabela 12 estão expressos os resultados do Teste F da análise de variância para os valores nutricionais de micronutrientes. O Cobre (Cu) apresentou resultados significativos diante da utilização de adubação foliar. O Ferro (Fe) mostrou significância dentro dos diferentes sistemas e com a presença da adubação via foliar. O manganês apresentou diferença dentro dos sistemas e na interação dupla sistemas x foliar (desdobrada na Tabelas 13 e 14). Por fim, é possível notar apenas um efeito diante da interação tripla, com o micronutriente Zinco (Zn), que será desdobrada nas Tabelas 14 e 15.

Em uma das aplicações de fertilizante via foliar utilizou-se Cu, por conta dessa aplicação os teores do micronutriente encontrados aumentaram nos tratamentos que fizeram uso da adubação foliar. Os latossolos são solos que possuem elevados teores de Fe devido a

dessilicatização, promovendo um acúmulo de óxidos de Fe e Al (UEHARA, 1988), entretanto, foi possível observar diferenças entre os sistemas, apresentando maior acúmulo do nutriente nas plantas do sistema 1. Ademais, a adubação foliar interferiu positivamente nos teores de Fe encontrados, aumentando cerca de 10%.

Os teores do micronutriente Mn não apresentaram diferenças significativas nos sistemas 1 e 2, e dentro do sistema 3 os teores ainda diminuíram, nos tratamentos sem utilização da adubação foliar (Tabela 12).

Tabela 12. Valores de F e médias dos teores foliares de Cu, Fe, Mn e Zn (mg kg^{-1}) em função dos tratamentos. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Cu	Fe	Mn	Zn
Sistema (S)	3,18	5,70*	16,56**	0,31
Foliar (F)	5,03*	9,86**	0,15	4,41
A. <i>brasilense</i> (A)	0,10	0,30	0,15	3,57
S x F	0,72	0,08	6,33*	20,25**
S x A	1,33	1,42	0,05	4,34*
A x F	0,92	2,48	0,07	1,81
S x A x F	0,92	1,01	1,46	8,18**
cv%	6,5	7,62	9,56	2,48
SISTEMA				
Sistema 1	10,25	56,59 a	109,56	54,76
Sistema 2	9,5	51 b	115,65	54,37
Sistema 3	9,62	50,46 b	88,29	54,25
DMS	0,86	5,425	13,492	1,824
ADUBAÇÃO FOLIAR				
Sem foliar	9,5 b	50,11 b	103,7	53,88
Com foliar	10,08 a	55,26 a	105,3	55,04
DMS	0,572	3,608	8,972	1,213
A. <i>brasilense</i>				
Sem AZO	9,75	53,14	105,29	54,98
Com AZO	9,83	52,23	103,71	53,94
DMS	0,572	53,13	8,972	1,213

* e **: significativo a 5% e 1% pelo teste F. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Tabela 13. Desdobramento dos teores foliares de Manganês (Mn) (mg kg^{-1}) comparando os sistemas. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sem Foliar	Com Foliar
S1	107,65	111,48 a
S2	106,58	124,73 a
S3	96,88	79,70 b
DMS	19,08	19,08

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

A utilização da adubação foliar apresentou efeito positivo dentro do sistema 2 (Tabela 14), entretanto, no sistema 3 o teor de Mn nas plantas diminuiu com o uso dos foliares. Todavia, devido ao aparecimento de deficiência do nutriente após aplicação do herbicida glifosato em plantas resistentes, se realiza adubação foliar com Mn (HUBER, 2007). Além disso, estudos de Mann et al. (2001) concluíram que a aplicação de Mn via foliar é mais eficiente que via solo. Kurihara (2013) diz que a partir de 75 mg kg^{-1} o micronutriente se encontra até em excesso, podendo afetar a disponibilidade dos demais nutrientes.

Tabela 14. Desdobramento dos teores foliares de Manganês (Mn) (mg kg^{-1}) comparando o uso da adubação foliar. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	S1	S2	S3
Sem Foliar	107,65	106,58 b	96,88 a
Com Foliar	111,48	124,73 a	79,70 b
DMS	15,54	15,54	15,54

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Diante da Tabela 15, os sistemas apresentaram diferenças nos teores de Zn em todos os tratamentos analisados. O sistema 3 apresentou os maiores teores de Zn tanto para o tratamento sem a aplicação de *A. brasilense* quanto para o tratamento com a aplicação de *A. brasilense*, ambos sem a adubação foliar. Já observando o tratamento sem a aplicação de *A. brasilense* e com adubação foliar o sistema 3 foi o que apresentou menor teor. Por fim, o sistema 1 apresentou o maior teor de Zn quando houve aplicação de *A. brasilense* e realizado adubação foliar.

Tabela 15. Desdobramento dos teores foliares de Zinco (Zn) (mg kg^{-1}) comparando os sistemas. Selvíria – MS, 2022.

Tratamentos	Sem <i>A. brasilense</i>		Com <i>A. brasilense</i>	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
S1	53,65 ab	56,15 a	52,10 b	57,15 a
S2	52,35 b	59,70 a	52,90 ab	52,55 b
S3	56,10 a	51,95 b	56,20 a	52,75 b
DMS	3,648	3,648	3,648	3,648

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Comparando as diferenças nos teores de Zn de acordo com a presença/ausência de *A. brasilense*, nota-se apenas 1 resultado significativo (Tabela 16). O sistema 2 com o uso do foliar apresentou menor teor de Zn quando realizada a aplicação de *A. brasilense*. O uso dos fertilizantes foliares aumentou os teores de Zn dentro do sistema 1 e com aplicação de *A. brasilense* e dentro do sistema 2 sem aplicação de *A. brasilense*, sendo considerado em excesso quando maior que 58 (KURIHARA et al., 2013). O sistema 3, com ou sem a aplicação de *A. brasilense*, apresentou menores teores do micronutriente quando se realizou a adubação foliar, mas não de forma que prejudicasse o desenvolvimento da cultura.

Tabela 16. Desdobramento dos teores foliares de Zinco (Zn) (mg kg^{-1}).

Tratamentos	Sistema 1		Sistema 2		Sistema 3	
	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar	Sem Foliar	Com Foliar
Sem Azo	53,65	56,15	52,35 B	59,7 aA	56,1 A	51,95 B
Com Azo	52,1 B	57,15 A	52,9	52,55 b	56,2 A	52,75 B
DMS	2,971	2,971	2,971	2,971	2,971	2,971

Médias seguidas da mesma letra minúscula para coluna e maiúscula para linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). DMS: diferença mínima significativa.

Vale ressaltar que apesar das diferenças dos teores encontrados de macro e micronutrientes, nenhum tratamento apresentou deficiência de nutrientes comparado com Kurihara (2013).

5 CONCLUSÃO

Visando elevadas produtividades o sistema que mais se destacou foi o sistema 1 com o uso da aplicação de *A. brasilense* e sem a utilização dos fertilizantes foliares. Isso mostra que os fertilizantes minerais ainda são os fertilizantes que atendem melhor a demanda das plantas, e por esse motivo são os mais utilizados atualmente mesmo que mais prejudiciais ao meio ambiente. Esse mesmo tratamento já mostra a importância da aplicação do *A. brasilense*, tendo em vista o aumento de 22%. Entretanto, devido a muitos tratamentos também se observou resultados negativos quanto da aplicação do *A. brasilense*.

A utilização dos fertilizantes foliares também apresentou resultados positivos e negativos. Os sistemas 1 e 2 na presença de *A. brasilense*, apresentaram menor produtividade com a aplicação dos foliares, enquanto os demais apresentaram ganhos, principalmente o sistema 3 com aplicação de *A. brasilense*.

O sistema 3 com aplicação de *A. brasilense* e adubação foliar, mesmo que não tenha proporcionado a maior produtividade, apresentou uma elevada produção, mostrando uma possibilidade de produzir de forma mais sustentável e economicamente viável. Além disso, foi o tratamento com maior massa de 100 grãos, mostrando a importância da adubação via foliar dentro desse sistema.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRECHT, L. P., DE LUCCA, A., SCAPIM, C. A., ÁVILA, M. R., & ALBRECHT, A. J. P. Biorregulador na composição química e na produtividade de grãos de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v.43, n.4, p.774-782, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALLIPRANDINI, L.F.; TOLEDO, J.F.F.; FONSECA, J.R.N.S.; KIIHL, R.A.deS.; ALMEIDA, L.A. Ganho Genético em Soja no Estado do Paraná, via Melhoramento no período de 1985/86 a 1989/90. Brasília: EMBRAPA, v.28, n.4, p.487-49, 1993.
- AMBROSANO, E.J. ;WUTKE, E.B.; BULISANI, E.; CATARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2-ed. Campinas: IAC, 1996. p. 194-195. (Boletim Técnico 100).
- BERTON, R. S In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van (ed.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de são Paulo**. 3. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas/Fundação IAC, 2022. P. 43-42.
- BOARETTO, R, M.; CANTARELLA, H.; MATTOS JUNIOR, D. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B. van (ed.). **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de são Paulo**. 3. Ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas/Fundação IAC, 2022. P. 33-42.
- BONATO, Emidio Rizzo; BONATO, Ana Lidia Variani. A soja no Brasil: história e estatística. 1987.
- CÂMARA, G. M. de S. Ecofisiologia da soja e rendimento. In:_____. Soja: tecnologia da produção. **Piracicaba:ESALQ-USP**, 1998b. p. 256-577, 293 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, CONAB. **12º Levantamento – Safra 2021/22**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>
- CRISPINO, C. C., FRANCHINI, J. C., MORAES, J. Z., Sibaldelle, R. N. R., LOUREIRO, M. D. F., dos SANTOS, E. N., ... & Hungria, M. Adubação nitrogenada na cultura da soja. (2001).
- DE BRITO, R. S., BATISTA, J. F., DO VALE MOREIRA, J. G., MORAES, K. N. O., & DA SILVA, S. O. (2019). Rochagem na agricultuta: importância e vantagens para adubação suplementar. **South American Journal of basic education, technical and technological**. v. 6, n. 1, 2019.
- D'UTRA, G. Soja. *Jornal do Agricultor*, 4(168):185-6, 1882.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Soluções tecnológicas: Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produtoservico/3780/fixacao-biologica-de-nitrogenio-em-soja>. Acesso em: 21 set. 2022.
- GAUDÊNCIO, C.; GAZZIERO, D.L.P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO, C. População de plantas de soja no sistema de semeadura direta para o centro-sul do Estado do Paraná. Londrina: **Centro Nacional de Pesquisa de Soja**, 1990. (Comunicado técnico, 47).

HUBER, D.M. Efeitos do glifosato em doenças de plantas. In: Simpósio sobre problemas de nutrição e de doenças de plantas na agricultura moderno: ameaças à sustentabilidade Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: INPI, 2007. CD-ROM

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. **Embrapa Soja-Documentos (INFOTECA-E)**, 2007.

HUNGRIA, M., NOGUEIRA, M.A., ARAUJO, R.S. Co-inoculation of soybean and common beans with rhizobia and Azospirilla: strategies to improve sustainability. **Biology and Fertility of Soils**, v. 49, p.791 -801, 2013.

HYMOWITZ, T. On the domestication of the soybean. **Economic Botany**, 24:408-21, 1970.

KRICHBAUM, J. Quadro das sementes desde 1º de janeiro a 31 de dezembro de 1900. **Boletim da Agricultura**. São Paulo, (7): 504, 1900

KURIHARA, C. H., VENEGAS, V. H. A., NEVES, J. C. L., NOVAIS, R. F. D., & STAUT, L. A. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. **Revista Ceres**. v. 60, p. 412-419, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. **Ed. 2. Piracicaba: Potafos**, 319 p, 1997.

MANN, E.N.; REZENDE, P.M.; CARVALHO, J.G.; CORRÊA, J.B.D. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em Diferentes épocas na cultura da soja [Glycine max (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.25, n.2, p.264-273, 2001.

MEERT, L.; FERNANDES, F. B.; MÜLLER, M. M. L.; ARY, D.; RIZZARDI, J. D. S. E. Inoculação e coinoculação com Bradyrhizobium japonicum e Azospirillum brasilense na cultura da soja. **Agrochimica Crop Journal**, v.29, n.1, p.118-129, 2020.

MOCELLIN, Ricardo SP. Princípios da adubação foliar. **Canoas: Fertilizantes Omega Ltda**, 2004.

PRANDO, A. M., de OLIVEIRA, A. B., de LIMA, D., POSSAMAI, E. J., REIS, E. A., NOGUEIRA, M. A., ... & CONTE, O. Coinoculação da soja com Bradyrhizobium e Azospirillum na safra 2019/2020 no Paraná. 2020.

PEREIRA, L. B., ARF, O., SANTOS, N. C. B. D., OLIVEIRA, A. E. Z. D., & KOMURO, L. K. Manejo da adubação na cultura do feijão em sistema de produção orgânico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.45, n.1, p.29-38, 2015.

PETTER, Fabiano André et al. Respostas de cultivares de soja à adubação nitrogenada tardia em solos de cerrado. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 67-72, 2012.

PROBST, A.H. & JUDD, R. W. Origin, US history and development, and world distribution. In: CALDWELL, B. E. ed. **Soybeans; improvement, production and uses**. Madison, ASA, 1973. p.1-15.

ROESSING, A.C.; GUEDES, L.C.A. Cultura da Soja no Cerrado. **Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo**, 1993.

RONDINA, A. B. L.; SANZOVIO, A. W. S.; GUIMARÃES, G. S.; WENDLING, J. R.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. Changes in root morphological traits in soybean co-

inoculated with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense* or treated with *A. brasilense* exudates. **Biology and Fertility of Soils**, v. 56, p. 537-549, 2020.

SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª ed. **Brasília: Embrapa**, 356p, 2018.

SEIXAS, C. D. S., NEUMAIER, N., BALBINOT Junior, A. A., KRYZYANOWSKI, F. C., & LEITE, R. D. C. **Tecnologias de produção de soja. Embrapa Soja-Sistema de Produção (INFOTECA-E)**. (2020).

SILVA, D.C., SILVA LIMA, L. H., & BRACCINI, A. L. (2015). Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.14, n.3, p.132-140

STAUT, L.A. Adubação foliar com nutrientes na cultura da soja. **Embrapa Agropecuária Oeste-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2007.

STAUT, L.A. Adubação foliar com macro e micronutrientes na cultura da soja. **Embrapa Agropecuária Oeste-Documentos (INFOTECA-E)**, 2006

SUZANA, C., BRUNETTO, A., MARANGON, D., TONELLO, A. A., & KULCZYNSKI, S. Influência da adubação foliar sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas. **Enciclopédia biosfera**, v.8, n.15, 2012.

UEHARA, G. Acric properties and their significance to soil classification. In: **International Soil Classification Workshop, 8**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, SNLCS, 1988.

6 ANEXO

Figura 2. Semeadora-adubadora utilizada na instalação do experimento



Figura 3. Soja em desenvolvimento (13/01/2022)



Fonte: Próprio autor

Figura 4. Inoculação via foliar de *Azospirillum brasilense* (20/01/2022)



Fonte: Próprio autor

Figura 5. Soja em pleno florescimento



Fonte: Próprio autor

Figura 6. Trator e pulverizador utilizados para realizar as aplicações



Fonte: Próprio autor

Figura 7. Soja em estágio de maturação



Fonte: Próprio autor

Figura 8. Soja após colheita



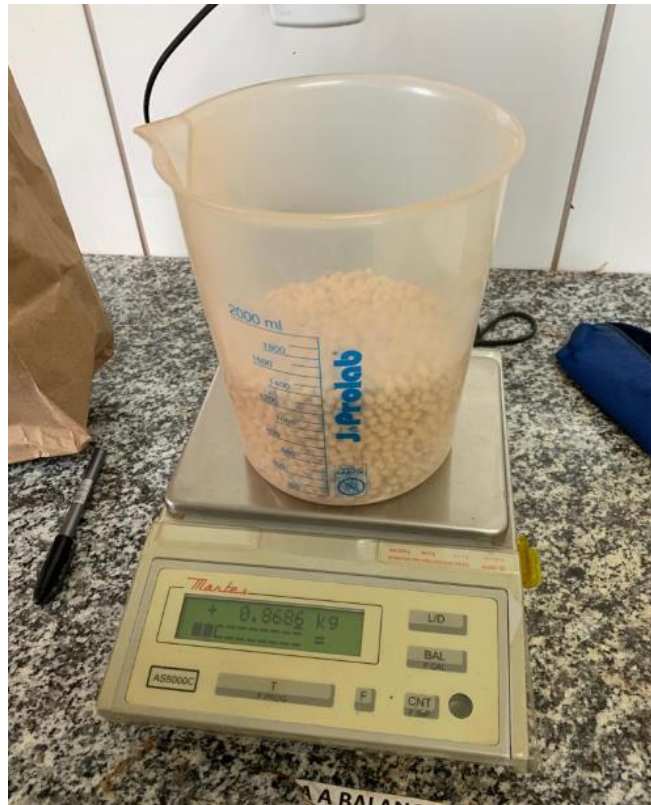
Fonte: Próprio autor

Figura 9. Equipamento utilizado para abertura das vagens – trilhadora de grãos



Fonte: Próprio autor

Figura 10. Peso das parcelas colhidas



Fonte: Próprio autor

Figura 11. Massa de 100 grãos



Fonte: Próprio autor

Figura 12. Equipamento utilizado para aferição da umidade dos grãos



Fonte: Próprio autor

Figura 13. Pesagem das amostras para determinação dos teores nutricionais



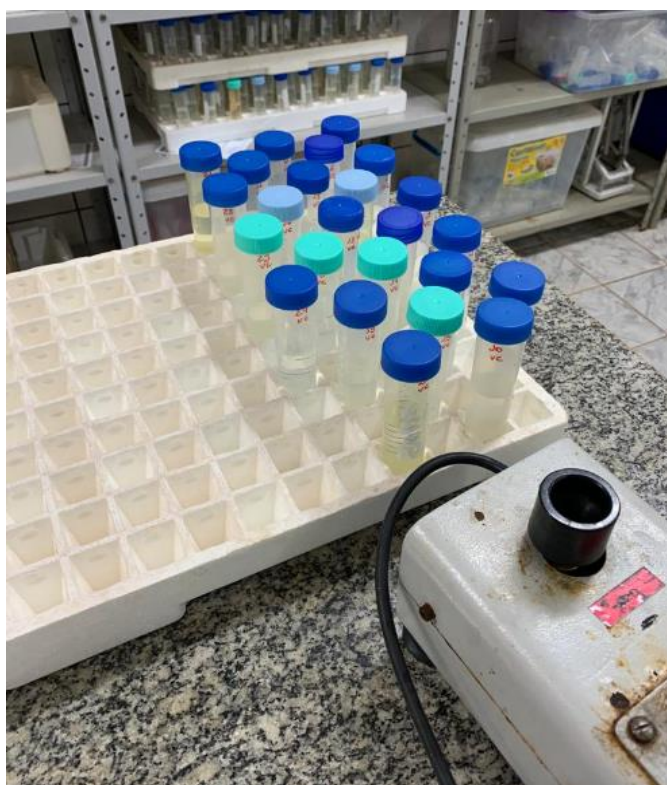
Fonte: Próprio autor

Figura 14. Equipamento utilizado para determinação dos teores de nitrogênio



Fonte: Próprio autor

Figura 15. Amostras para realizar determinação dos teores de nutrientes



Fonte: Próprio autor