


PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA FERRAMENTA SUSTENTÁVEL EM SOJA PARA REDUZIR A PEGADA AMBIENTAL DO USO DE FERTILIZANTES CONVENCIONAIS

 <https://doi.org/10.56238/arev6n3-296>

Data de submissão: 21/10/2024

Data de publicação: 21/11/2024

Guilherme Celuppi

Mestrando em Tecnologia e Gestão da Inovação
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Cristiano Reschke Lajús

Dr. em Produção Vegetal
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Francieli Dalcaton

Dra. Engenharia de Alimentos
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Antônio Junior Dal Piva

Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Natalia Girardi

Graduanda em Ciências Econômicas
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Aline Vanessa Sauer

Dra. em Proteção de Plantas e Fitopatologia
Universidade Estadual Norte do Paraná

Caroline Olias

Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

RESUMO

Para uma agricultura mais sustentável, novos manejos agrícolas devem ser adotados para que consiga se manter a produtividade e a qualidade dos grãos respeitando o meio ambiente. Esse estudo tem por finalidade investigar a viabilidade da implantação de biofertilizantes a base de pó de rocha na cultura da soja, utilizando como base o programa produção mais limpa, visando reduzir a pegada ambiental do uso de fertilizantes convencionais. Para esse fim, testando a campo essa diversidade de produtos e manejos agrobiológicos, podendo assim estar exposto a variação climática, ao ataque de pragas e doenças, em relação ao manejo adotado. Os resultados demonstraram que quando contrapostos os tratamentos químicos e bioagrícolas, o último apresentou resultados significativos em relação as variáveis número de nódulos ativos em R1, NDVI V3, números de grãos por vagem, peso de mil grãos, rendimento em kg/ha e SC/ha.

Palavras-chave: Soja, Manejo agrobiológico, Produção Mais Limpa.

1 INTRODUÇÃO

Em virtude do rápido progresso social e econômico, houve um aumento significativo na poluição e escassez de recursos naturais, resultando em impactos ambientais que impactaram significativamente o planeta. Diante disso, houve um aumento na preocupação e interesse da população em questões relacionadas ao meio ambiente e sua preservação, sugerindo e implementando práticas sustentáveis, assegurando que o progresso social e econômico esteja em harmonia com o meio ambiente (Cunha, 2023).

Para uma agricultura mais sustentável, novos manejos agrícolas devem ser adotados para que consiga se manter a produtividade e a qualidade dos grãos respeitando o meio ambiente. Com isso deve se investir em pesquisa e novas fontes de adubação, tratamentos agrobiológicos, assim saindo do convencional que safra após safra se repete, os mesmos químicos e adubação com NPK, seguindo uma velha receita de bolo.

Segundo Alovise et al. (2020), o pó de basalto pode ser considerado como uma fonte alternativa de fertilizante e corretivo do solo de baixo custo. Entretanto, a baixa solubilidade do pó de basalto indica que tal material não pode ser utilizado como a principal fonte de nutrientes às plantas.

Segundo Polidoro et al. (2019), 79% do total de fertilizantes consumidos no país são, importados, o que torna a agricultura brasileira muito dependente do mercado externo e do preço do dólar. Para diminuir essa dependência, que pesa sobre produtores e sobre a balança comercial do país, a pesquisa agrícola nacional está desenvolvendo e incentivando o uso de fontes alternativas de nutrientes.

A aplicabilidade dos agrobiológicos, embora ainda muito desconhecida pela maioria dos produtores, vem se tornando uma alternativa vantajosa, tanto por questões financeiras que se tornam um atrativo, quanto por questões biológicas, que acarretam um menor impacto ao meio ambiente.

A ideia de sustentabilidade na agricultura preconiza que os recursos utilizados tenham ciclos materiais e energéticos os mais fechados possíveis nos Agroecossistemas e que produzir utilizando insumos alternativos gerados na própria propriedade não só oferece produtos mais saudáveis, mas também evita a poluição ambiental, preserva recursos naturais e reduz a dependência de insumos originados no petróleo (Moreira; Carmo, 2004; Silva et al., 2008). O uso destes compostos em substituição ou complementação à adubação mineral ganha cada vez mais importância sob o ponto de vista econômico, da conservação das propriedades físicas e químicas do solo e da redução do uso de adubos minerais.

A utilização do Programa de Produção Mais Limpa pode reduzir significativamente os impactos ambientais gerados pelos atuais sistemas agrícolas convencionais, criando um modo de

produção mais sustentável, incorporando princípios e tecnologias de base ecológica (Lima; Casalinho; Lima, 2020).

Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência e reduzir os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente (Unido/UNEP, 2005).

Segundo CNTL (2003), através da Produção Mais Limpa é possível observar a maneira como um processo de produção está sendo realizado e detectar em quais etapas as matérias-primas e os recursos estão sendo desperdiçados. Possibilitando assim, aprimorar a utilização dos recursos e reduzir ou até mesmo eliminar a produção de resíduos. Isso transforma a prática da produção sustentável em algo essencialmente econômico e vantajoso, servindo como uma ferramenta crucial para estar em conformidade com as atuais leis ambientais e, ao mesmo tempo, impulsionar o progresso sustentável.

Esse estudo tem por finalidade investigar a viabilidade da implantação de biofertilizantes a base de pó de rocha na cultura da soja, utilizando como base o programa Produção Mais Limpa, visando reduzir a pegada ambiental do uso de fertilizantes convencionais. Para esse fim, testando a campo manejos agrobiológicos.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a Produção Mais Limpa na cultura da cultura da soja como uma alternativa sustentável, visando reduzir a pegada ambiental do uso de fertilizantes convencionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A soja é uma planta de metabolismo fotossintético tipo C3. Sua morfologia é caracterizada por raiz pivotante, caule herbáceo e folha trifoliolada. Possui ciclo anual, apresentando grande capacidade adaptativa a diversos ecossistemas, o que propiciou a disseminação do seu cultivo nos diferentes ambientes agricultáveis do mundo (Ferrari; Paz; Silva, 2015).

Entre os nutrientes essenciais na cultura da soja destacam-se o nitrogênio (N), o qual é necessário em maior quantidade, pois os grãos são ricos em proteínas, apresentando teor médio de 6,5 % N. Este, tão utilizado para o processo de produção da cultura, é proveniente do solo (oriundo da decomposição da matéria orgânica e das rochas), do fertilizante e da fixação química do N₂ atmosférico (Lajús et al., 2023).

As quantidades de N mineral provenientes do solo e da fixação química são baixas. O N como fonte de fertilização de plantas, possui uma característica de assimilação rápida pelas plantas, porém ele possui custo elevado, além disso pode ser perdido por processos lixiviatórios e serem altamente poluentes para com o meio ambiente (Hungria et al., 2001).

Este nutriente é um componente essencial para a formação de substâncias fundamentais no desenvolvimento das plantas como é o caso de aminoácidos, proteínas, DNA e RNA. Mesmo que este esteja presente na atmosfera, não é possível metabolizá-los pelas plantas, sendo necessária a simbiose com bactérias a fim deste ser absorvidos pelas mesmas (Caballero, 2015).

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) acontece de forma natural nas leguminosas, onde o nitrogênio que se encontra prontamente disponível no ar é absorvido pelos microrganismos e se torna acessível para a planta em uma forma assimilável. Para que este processo aconteça é necessário que se forme uma associação simbiótica mutualística entre as plantas e bactérias denominadas rizóbios (Pissáia, 2019).

Quando ocorre o processo de simbiose as bactérias do gênero *Bradyrhizobium* infectam as raízes da soja e formam os nódulos, em seu interior é sintetizado um complexo enzimático, denominado nitrogenase, ocasionando o rompimento da tripla ligação existente entre os átomos de N que formam a molécula do N₂ e utilizam esses átomos para produzir duas moléculas de amônia (NH₃), que são fornecidas às plantas, para sintetizar os compostos nitrogenados (ALBINO; Campo, 2001).

Nesta contextualização a soja, por sua vez, fornece carboidratos as bactérias. Quanto maior o número de bactérias inoculadas na semente, maior a competição com as populações bacterianas já existentes no solo, resultando na formação de nódulos com as estirpes introduzidas pelo inoculante (Marks, 2008).

Estabelecendo-se uma relação simbiótica entre planta e bactérias fixadoras de nitrogênio, este é de extrema importância, reduzindo de forma significativa o uso de nitrogênio por fonte externa devido à capacidade destes microrganismos conseguirem disponibilizar a quantidade suficiente do nutriente para o desenvolvimento da planta e conseqüentemente atingindo altas produtividades (Pissáia, 2019).

A FBN pode disponibilizar de 65 a 160 kg N.ha⁻¹ durante o cultivo da soja, o que pode representar até 100% do nitrogênio requerido por essa espécie (Zabludowicz; Reddy, 2007).

Em áreas de produção agrícola o uso de leguminosas como a soja, as quais desempenham um papel de grande importância no processo de sucessão e rotação de culturas, principalmente pela capacidade de associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio. Porém esse processo tão importante vem sofrendo prejuízos com o uso exacerbado de agroquímicos, acarretando redução na qualidade da soja produzida no Brasil, principalmente com menores teores de proteína nos grãos, é aspecto preocupante independente da finalidade da produção (Idalgo, 2019).

No sentido de aperfeiçoar o processo de fixação do N, a inoculação de microrganismos fixadores de nitrogênio diretamente sobre a semente, por meio de inoculantes comerciais é uma

alternativa de grande importância. O uso de inoculação em sementes de soja apresenta melhor desenvolvimento e nodulação das plântulas, sendo que a planta com boa nodulação pode ser considerada aquela que no estágio de florescimento apresenta entre 15 à 30 nódulos na raiz (Santos, 2019).

O Sistema Plantio Direto proporciona maior qualidade simbiótica no solo no que diz respeito à baixa taxa de revolvimento e consequente manutenção do sistema. A ocorrência de massa nodular na soja é superior em solo com plantio direto quando comparada a plantio convencional, bem como distribuição mais profunda de nódulos no perfil do solo, além de encontrarem-se mais nódulos (Voss, 1985).

Grande parte dos nossos fertilizantes minerais e defensivos agrícolas são importados para o cultivo convencional, reduzir esta dependência e utilizar fertilizantes orgânicos, defensivos biológicos se tornam necessários e competitivos, além de aumento da atividade da microbiota de solo e a tornar mais atrativo economicamente com os fatores fisiológicos e nutricionais a toda atividade agrícola da soja (Lajús et al., 2023).

A forma de cultivar o solo determina aspectos fundamentais intrínsecos aos fatores químicos, físicos e biológicos que favorecem a produção de alimentos com qualidade e com volumes que atendam a demanda de consumo para a sobrevivência da população mundial alicerçada sobre a biodiversidade do planeta (Silva, 2019).

O termo Sistema Convencional (SC) surgiu com a chamada revolução verde instituída na década de 1960, o qual teve por objetivo principal a intensificação da produção agrícola e redução dos custos, buscando ampliar o acesso à alimentação pela população mundial. Através de ‘pacotes tecnológicos’ baseados no uso de sementes melhoradas, agroquímicos, além do acesso facilitado ao crédito, que o produtor rural pôde investir em tecnologia em sua propriedade e em benefícios de custeios de produção. Essa intensificação refletiu diretamente nos consumidores, já que o preço dos alimentos, apresentaram quedas relevantes (Bojanic, 2017).

A produção de alimentos anteriormente à revolução verde destacava-se pelo baixo rendimento por área, além da alta penosidade no manejo, já que as máquinas eram escassas e de baixo potencial expansivo. Ao longo das décadas esse sistema foi aprimorado e melhorado, até chegar ao sistema conhecido como SPD (Sistema Plantio Direto), considerado fundamental aos países tropicais como é o caso do Brasil. Este sistema visa minimizar as alterações estruturais do solo, as perdas por eventos lixiviadores, manutenção da biodiversidade edáfica, manter cobertura vegetal do solo adequada, além da rotação de culturas e manejos adequados de acordo com o tipo de solo para a cultura a ser implantada, condições climáticas e de relevo de cada região (Turetta et al., 2020).

O Sistema de Plantio Direto, adotado no Brasil e em outros países, possui por objetivo a melhoria das qualidades do solo e conseqüentemente das plantas, sendo que mesmo com pouco tempo de implantação, este possui eficiência no controle da erosão hídrica (Salomão, 2020).

O sistema de plantio convencional evoluiu até chegar à chamada agricultura de precisão, a qual juntamente com a biotecnologia agrícola, cada vez expansível nas lavouras por todo o mundo, propicia menores perdas em adubação e intensifica cada vez mais a produção, além do aumento na produtividade nas áreas produtivas. Porém, os sistemas intensivos mesmo melhorando de forma significativa o aproveitamento das áreas, através dos sistemas de semeadura, estes poderão acarretar o aparecimento de pragas e doenças nas lavouras de soja (Ferreira et al., 2019).

Além, do uso intensificado dos defensivos agrícolas, fundamentada pela justificativa de que não se podem produzir alimentos em quantidade suficiente para abastecer o mercado mundial, que possui alta demanda em quantidade e preços acessíveis, sendo considerado por muitos um “mal necessário” (Staback, 2020).

O uso em excesso dos defensivos pode acarretar, em problemas até mesmo irreversíveis para a fauna e flora dos entornos das lavouras e áreas de aplicação. Pode ocasionar contaminação do solo e lençóis freáticos, rios e lagos causando mortandade nos seres vivos terrestres e aquáticos, e acarretar, em problemas de saúde ao ser humano que manuseia estes produtos ou que possuem contato indireto com eles.

A agricultura tem papel fundamental no desenvolvimento da sociedade, porém com a busca de produzir mais alimentos e com o pretexto de sanar a necessidade mundial, criou um modelo hegemônico de produção agrícola, mas por fim aumentando uso de insumos (De Lima; Biasoli; Borges, 2020). Em contraposição a esse modelo surge a abordagem do manejo agrobiológico/bioagrícola que se baseia em uma abordagem híbrida entre o manejo químico e o biológico visando a produção sustentável.

Muito se fala atualmente sobre a diferença entre ‘comida’ e ‘alimento’, neste sentido as técnicas agrobiológicas aos poucos estão tornando-se presentes nas áreas de cultivos principalmente em Unidade de Produção Familiar (UPF), visando a agregação de valor em seus produtos, atendendo à um mercado mais seletivo e exigente e demandante por qualidade. O sistema bioagrícola visa a produção de alimentos saudáveis com métodos de produção alternativos aos que são utilizados nos sistemas de produção convencionais. Utilizando-se alternativas para a redução de defensivos agrícolas e em alguns casos até mesmo a erradicação de agroquímicos, adubos sintetizados e sementes transgênicas, potencializando a produção de alimento com qualidade, além de reduzir os custos de produção (Lajús, et al., 2023).

Levando em consideração que a cadeia agrícola nacional está em vasta expansividade atualmente, bem como os solos que são utilizados para a finalidade agrícola naturalmente possuem baixa fertilidade, o Brasil tornou-se grande importador de fertilizantes. Aproximadamente 79% de todos os fertilizantes químicos utilizados nas lavouras brasileiras são importados, e o país torna-se dependente do mercado externo. A fim de diminuir essa dependência, alternativas com uso de fertilizantes alternativos são cada vez mais pesquisados e utilizados nas lavouras (Polidoro, 2017).

Segundo a Instrução Normativa (IN) N° 7 instituída em 17 de maio de 1999 pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) a produção orgânica é baseada no uso de tecnologias com a finalidade de otimizar dos recursos naturais e socioeconômicos, abolir o uso de agrotóxicos, adubos sintetizados e sementes transgênicas além do uso de radiação a fim de modificar toda e qualquer etapa do processo produtivo como armazenagem ou consumo. Visa a preservação da saúde ambiental e humana, assegura a transparência em todas as fases da produção e transformação (MAPA, 1999).

Neste contexto, alternativas para o controle de pragas são bastante utilizadas como é o caso do MIP (Manejo Integrado de Pragas), trata-se de uma estratégia cada vez mais utilizada no sistema agrobiológico. O uso seletivos e aplicados quando realmente existe a necessidade (Nível de Dano Econômico - NDE) além do controle biológico de plantas através de inimigos naturais (insetos, vírus, bactérias), e o uso de feromônios (Avila, 2018).

A necessidade da redução do emprego de adubos minerais e da poluição ambiental, já é discutida há vários anos. Na cultura da soja associada ao manejo adequado, esta possui grande interesse econômico, ambiental e social. Neste sentido o uso de adubação baseada no uso de resíduos orgânicos, é uma alternativa viável, bem como no acarretamento do aumento de produtividade, e na redução do custo de produção desta cultura (Vasques, 2018).

A utilização de pó de rochas ou rochagem, apesar de não ser um conceito novo, tem sido objeto de pesquisas oficiais e de portfólios de empresas, principalmente depois que o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), regulamentou a produção, registro e comércio do pó de rocha na agricultura, atualmente chamado de ‘remineralizadores’, sendo o material de origem mineral que tenha passado apenas por redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo, por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas e/ou da atividade biológica do solo, além das quantidades máximas permitidas de contaminantes como o Arsênio (As), Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb), além de servir como parâmetro comparativo na prospecção de novos recursos (Brasil, 2013).

Segundo Schmidt et al. (2019), a substituição total de fertilizantes químicos solúveis pelo uso do pó de rocha não apresentou alteração dos atributos químicos do solo, mas sim, aumento de efeitos positivos nos componentes de produção, onde foi constatado um maior ganho de vagens com três grãos, nos tratamentos que receberam o pó de rocha, quando comparada com o tratamento sem a adubação com o pó de rocha.

No Brasil, a utilização de resíduos de rochas silicatadas comuns como granito, basalto, gnaisses e charnockitos, possui finalidades agrícolas que trazem benefícios às plantas em função dos nutrientes existentes nas mesmas, além do baixo valor para a aquisição, em função de tratar-se de resíduos de mineração da rocha (De Carvalho et al., 2013).

O pó de rocha é um subproduto da britagem, que é considerado um resíduo da mineração de algumas pedras, geralmente basálticas, calcáreas, silicatadas, granitos, entre outras. Na maioria das vezes, esse subproduto é perdido em função de serem beneficiados a céu aberto, podendo acarretar problemas ambientais em áreas adjacentes (Görgen et al., 2017). Este subproduto, passa por um processo ecologicamente correto da forma sólida para líquida, originando o produto Fertilizante Foliar Líquido, ou também denominado de Biofertilizante, através da Expertise da THRIVE GESTÃO DE INOVAÇÕES, uma empresa nascida em 2021, focada em criar soluções inovadoras para diversas áreas do setor agrícola (Thrive Gestão De Inovações, 2024).

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O presente trabalho foi implantado em uma área de lavoura de plantio anual destinada a cultura da soja, pertencente ao senhor Edson Luiz Celuppi. A propriedade fica localizada na Linha Maidana, interior do Município de Águas de Chapecó, situado no Oeste do Estado de Santa Catarina. Apresenta uma altitude de 345 metros em relação ao nível do mar, com as coordenadas de latitude 26°59'23''S e longitude 52°55'00''W. Local que está representado na Imagem 1.

Imagem 1 - Local do experimento (Águas de Chapecó/SC – Safra, 2023/2024)



Fonte: Google Earth (2023).

De acordo com o município de Águas de Chapecó (2023), o clima do município é classificado como Mesotérmico úmido, a temperatura média anual é de 17°C, com a mínima chegando 5°C e a máxima de 36°C. A precipitação pluviométrica anual ocorre aproximadamente entre 1000mm à 2000mm ano.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo da região classifica-se como Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2013). São solos minerais, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade.

3.2 ESTRATÉGIA E DELINEAMENTO DA PESQUISA

Com a finalidade de garantir o reconhecimento de uma pesquisa, possuindo potencial relevante e solidificada, tanto para a academia, quanto para sociedade, ela deve demonstrar que foi desenvolvida rigorosamente e que é passível de debate e verificação. Neste sentido a metodologia para que a pesquisa se desenvolva deve possuir robustez para haver sucesso na condução de um estudo (Lacerda, 2013).

A utilização do senso comum, bem como da ciência são expressões da mesma necessidade, ou seja, baseia-se na necessidade de compreender o mundo, visando a melhoria da qualidade de vida das pessoas, associada ao desenvolvimento sustentável do sistema (Assis; Alves, 2002).

Conforme descrito por Gil (2008) o delineamento de pesquisa quanto à abordagem, enfoque e procedimento, foram:

- ✓ Quanto à abordagem: Consiste em uma pesquisa quantitativa, pois considera que tudo é quantificável, o que significa traduzir números em informações as quais foram classificadas e analisadas;
- ✓ Quanto ao enfoque: Consiste em uma pesquisa explicativa, por identificar os fatores que determinam fenômenos, explicando o porquê das coisas;
- ✓ Com relação aos procedimentos: Consiste em uma pesquisa experimental, a qual determina um objeto de estudo, selecionam-se variáveis que influenciam, definem-se as formas de controle e de observações dos efeitos que as variáveis produzem no objeto.

3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Foram realizadas análises laboratoriais (Imagem 02) para definir o melhor método de extração e solubilização de nutrientes encontrados no pó de rocha basalto, bem como foram feitos testes em ambiente controlado, a fim de caracterizar e qualificar o produto, definindo-se assim, disso uma 'dosagem' com base em afirmações agronômicas.

Imagem 02 - Variáveis analisadas e metodologia

Ensaio	Método	Relatório de Ensaio
Nitrogênio Total	MAPA	<p>Terme Cristal de Inoculantes Ltda R. Mariana Barreto, 334 Linha E Bela Vista - Chapecó/SC 88903-280</p> <p>O.S.: 188069</p> <p>IBRA INSTITUTO BRASILEIRO DE ANÁLISES LABORATÓRIO DE ANÁLISES</p> <p>Carla Eduard Pires Gerente Técnico - CHD 0001959</p> <p>LABORATÓRIO SEDE: Rua Amazonas, 220 - Jd. Nova Venezia, 13177-000 - Cumaré - SP - Fone: +55 (11) 3832-3679 - laborator@ibra.com.br - www.ibra.com.br</p>
Fósforo Total	MAPA	
Potássio (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Cálcio (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Magnésio (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Estrôncio (sol. em Água)	MAPA	
Boro	MAPA	
Cobre (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Mangânese (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Ferro (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Zinco (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Alumínio (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Sódio (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Matéria Orgânica	MP FERT 01	
Umidade (65 °C)	MAPA	
Cinzas	Cálculo	
Cobalto (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	
Molibdênio (HNO ₃ + HClO ₄)	MAPA	

Fonte: IBRA (2022).

A etapa 1 consistiu na realização de análises laboratoriais do produto-base para as pesquisas futuras, este produto é composto pela solubilização do pó de rochas em uma solução a base de composta por água destilada e um ácido orgânico consistindo na diluição de uma fração do pó de rochas “filler”, na solução do ácido, através da agitação por um tempo XX-XX à temperatura YY-YY. Onde posteriormente esta mistura fica em período de descanso por aproximadamente uma hora, onde após é realizada a separação do líquido e dos sólidos oriundos da Mistura. O pó de basalto ‘filler’ foi advindo de resíduos de britagem da empresa Concrexap Serviços de Concretagem localizado em Chapecó-SC.

As análises foram baseadas na avaliação de pH, densidade, solubilidade, além dos teores nutricionais deste produto. Com a finalidade de conhecê-lo de forma aprofundada para posteriores tomadas de decisão. Já a etapa 2 consistiu na produção do biofertilizante propriamente dito, realizando a mistura do produto-base, juntamente com adição de um formulado de aminoácidos vegetais (blend de leveduras de soja, milho e cana-de-açúcar), bem como um estabilizador orgânico.

Todo processo é sem a interferência de nenhum agente químico inorgânico. Através de processo de extração térmica se obtém os nutrientes óxidos, após são misturadas as doses de aminoácidos e algas marinhas a solução oxida, por um determinado tempo em processo centrifugo e térmico (Thrive Gestão de Inovações, 2024).

Foi neste momento, que o produto outrora estudado, foi formulado de acordo com as Instruções Normativas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Realizando-se as análises necessárias, bem como escolhendo a cultura alvo da utilização do produto, além de estipular a dosagem adequada que ela necessita.

E por fim a etapa 3, que foi a definição da fase ideal da cultura da soja, para ser utilizado o produto via foliar, aplicando-o em períodos estratégicos, e posteriormente realização de análises necessárias (campo e laboratório). Após essa coleta de dados, as eles passaram pela Análise de Variância, a fim de concluir a eficiência técnica do produto-final. O pó de rocha basáltica como já descrito fora proveniente da empresa Concrexap localizado em Chapecó-SC, este pó ‘filler’ é considerado um resíduo da principal atividade da empresa que é a britagem, conforme a Foto 01, já a Foto 02 demonstra como foi realizado o processo obtenção de amostragem, bem como extração dos nutrientes.

Foto 01 - Local de obtenção das amostras do pó de basalto (Chapecó, SC – 2023)



Fonte: Concrexap Serviços de Concretagem (2023).

Foto 02 - Formação das amostras e resultado obtido após o processo de extração

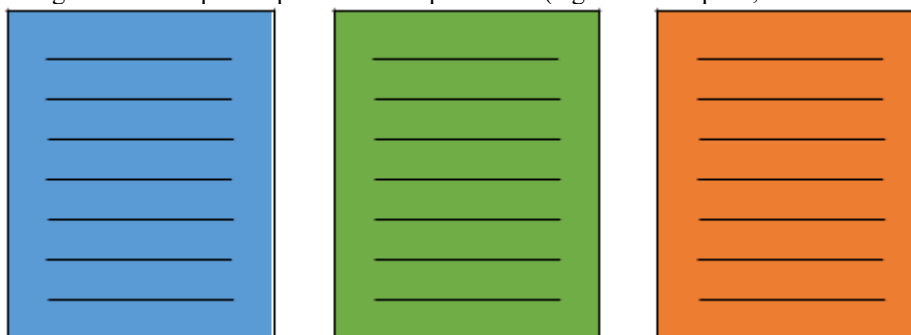


Fonte: Thrive Gestão de Inovações (2023).

3.3.1 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento utilizado foi o DIC (Delineamento Inteiramente Casualizado), com 3 tratamentos e 7 repetições, totalizando 21 parcelas (Imagem 03). Os tratamentos utilizados foram:

Imagem 03 - Croqui das parcelas do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



* T1: Testemunha

* T2: Biológico (Biofertilizante)

* T3: Químico (Tratamento da Fazenda)

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

3.3.2 Tratos Culturais

A implantação do experimento foi realizada sobre a palhada de trigo. A semeadura ocorreu na data de 07 de novembro de 2023, com espaçamento de 50cm entre linhas, com uma população de 12 plantas por metro linear, totalizando população final de 240 mil plantas por hectare. Com isso foi realizada a semeadura, realizando a deposição do fertilizante e da semente no sulco de plantio.

Foi utilizado fertilizante químico na dosagem de 210 kg/ha da fórmula 4-24-12, (NPK), a adubação foi realizada via linha de plantio, com o auxílio de semeadora, conforme a Foto 03. O cultivar semeado no local do experimento foi a Brasmax Vênus, com tratamento químico direto da UBS.

Foto 03 - Semeadura das parcelas do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor.

A semeadura ocorreu na data de 07 de novembro de 2023, com espaçamento de 50cm entre linhas, com uma população de 12 plantas por metro linear, totalizando população final de 240 mil plantas por hectare. Com isso foi realizada a semeadura, realizando a deposição do fertilizante e da semente no sulco de plantio.

O cultivar semeado no local do experimento foi a Brasmax Vênus, com tratamento químico direto da UBS. Sendo resistente a doenças como Cancro do Haste, a Pústula Bacteriana e a Podridão Radicular de *Phytophthora*.

O Biofertilizante é composto por nutrientes óxidos + blend de aminoácidos + alga marinha específica. Todo processo é sem a interferência de nenhum agente químico inorgânico. Através de processo de extração térmica se obtém os nutrientes óxidos, após são misturadas as doses de aminoácidos e algas marinhas a solução oxida, por um determinado tempo em processo centrifugo e térmico (Thrive Gestão de Inovações, 2024).

Os tratamentos fitossanitários e o Biofertilizante foram aplicados conforme a necessidade da cultura, levando em consideração o manejo preventivo da cultura.

3.3.3 Variáveis Respostas

3.3.3.1 Índice de vegetação (NDVI)

O Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI) é o índice de vegetação mais conhecido dentre vários índices de vegetação espectrais. O NDVI mede a diferença e fornece uma medida da densidade e condição da vegetação, bastante utilizado para verificar e avaliar melhor os resultados principalmente até a fase crescimento das plantas. As plantas durante o processo de fotossíntese emitem radiação e o equipamento tem a capacidade de coletar a refletância das folhas, devido a camada espessa na superfície da folha, e principalmente a luz vermelha e mais coletada pelo aparelho (Lajús et al., 2023).

A leitura de NDVI foi realizada em estágio V3 e R1 (Foto 4 e 5) com auxílio de dispositivo portátil GreenSeeker®.

Foto 04 - Primeira avaliação do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Foto 05 - Leitura NDVI (GreenSeeker®) do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor.

A semeadura ocorreu na data de 07 de novembro de 2023, com espaçamento de 50cm entre linhas, com uma população de 12 plantas por metro linear, totalizando população final de 240 mil plantas por hectare. Com isso foi realizada a semeadura, realizando a deposição do fertilizante e da semente no sulco de plantio.

O cultivar semeado no local do experimento foi a Brasmax Vênus, com tratamento químico direto da UBS. Sendo resistente a doenças como Cancro do Haste, a Pústula Bacteriana e a Podridão Radicular de *Phytophthora*.

O Biofertilizante é composto por nutrientes óxidos + blend de aminoácidos + alga marinha específica. Todo processo é sem a interferência de nenhum agente químico inorgânico. Através de processo de extração térmica se obtém os nutrientes óxidos, após são misturadas as doses de aminoácidos e algas marinhas a solução oxida, por um determinado tempo em processo centrifugo e térmico (Thrive Gestão de Inovações, 2024).

Os tratamentos fitossanitários e o Biofertilizante foram aplicados conforme a necessidade da cultura, levando em consideração o manejo preventivo da cultura.

3.3.3.2 Índice de concentração de clorofila (SPAD)

O SPAD (Foto 6) mede, como um índice de verde ou concentração relativa de clorofila, a diferença de luz transmitida na folha por meio de dois detectores nos comprimentos de 650 μm e 940 μm . A luz transmitida a 650 μm (luz vermelha) está associada aos comprimentos de onda das clorofilas a e b (645 μm e 663 μm , respectivamente) (Minolta et al., 1989).

Foto 06 - Leitura SPAD do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

3.3.3.3 Rendimento

A colheita foi realizada de forma manual no dia 15 de março de 2024. Foram coletadas 7 parcelas dentro de cada tratamento, tendo sido acondicionadas em bolsas identificadas (Foto 7), para que posteriormente, fossem coletados os dados de rendimento. Após a realização das medições, foi feita a debulha manual das plantas, para que posteriormente pudessem ser realizadas as contagens de

número de vagens por planta, e de grãos por vagem (Foto 8). Posterior à contabilização do número de grãos dentro de cada parcela, foi realizada a pesagem de mil grãos (Foto 9) e extração da umidade dos grãos colhidos (Foto 10) (Brasil, 2009).

Foto 07 - Colheita das parcelas do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Foto 08 - Número de vagens por planta e grãos por vagem do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Foto 09 - Peso de mil grãos do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor.

Foto 10 - Extração da umidade dos grãos do experimento (Águas de Chapecó, safra 2023/2024)



Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

3.3.3.4 Produção Mais Limpa

No decorrer da pesquisa será implementada a metodologia P+L aplicada continuamente para prevenção de perdas, permitindo o aumento de eficiência do uso de recursos naturais, minimizando

resíduos, tendendo a redução de custos, desperdícios de matéria prima e energia diminuído assim os riscos ambientais.

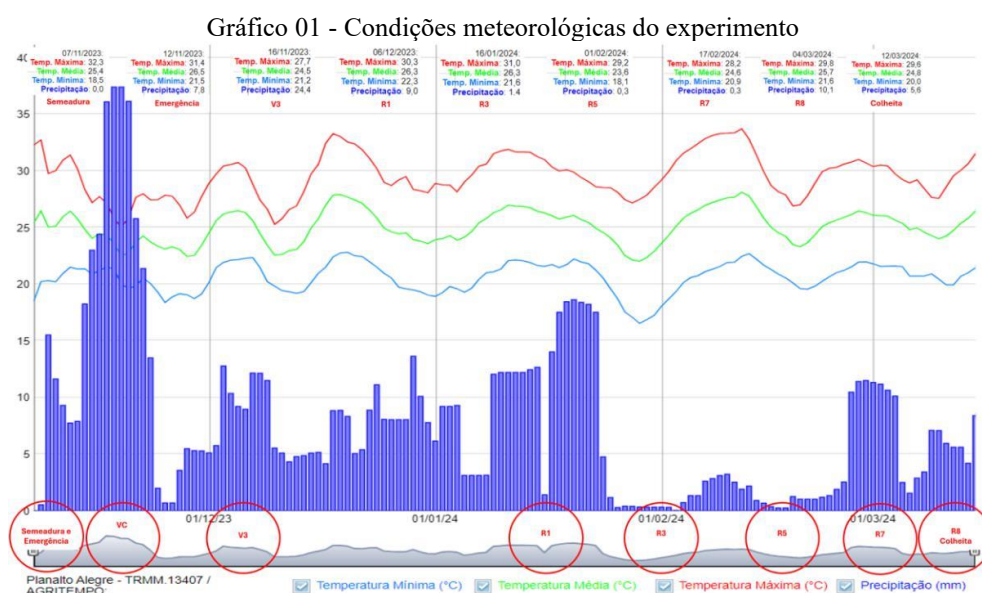
3.4 TÉCNICAS DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Os dados coletados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ($P \leq 0,05$). A comparação das médias foi realizada através do teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Foi utilizado o software estatístico denominado SISVAR para a demonstração gráfica dos resultados (Ferreira, 2011).

4 RESULTADOS

4.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO EXPERIMENTO

As condições climáticas do experimento (Gráfico 01) foram monitoradas pela Estação Agrometeorológica de Planalto Alegre através do site Agritempo (2024), com correção de 1°C conforme a altitude do local da pesquisa.



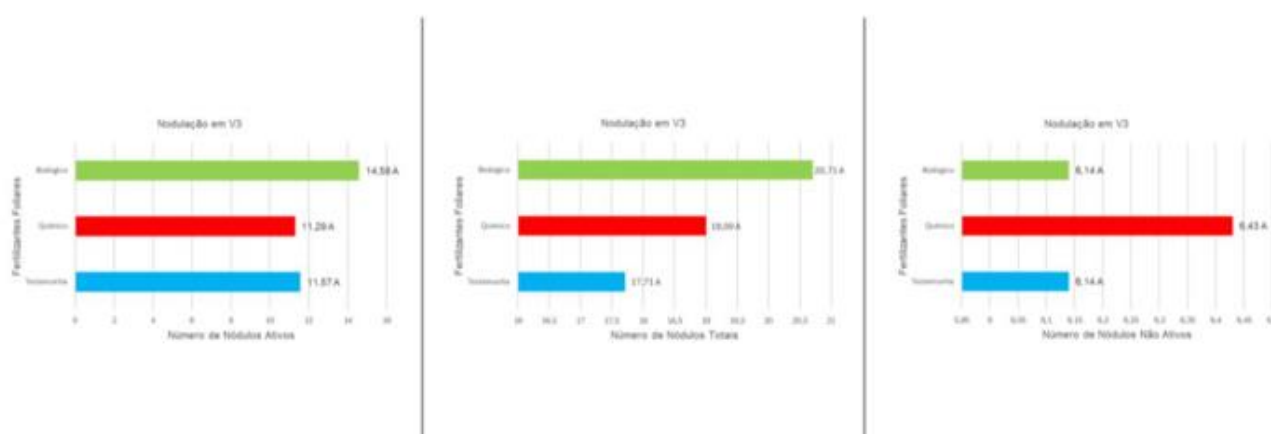
Em fases primordiais para um bom rendimento da cultura da soja, como na emergência dos estádios vegetativos V3 com a segunda folha trifoliolada totalmente desenvolvida, terceiro nó e V5 com a quarta folha trifoliolada completamente expandida, quinto nó, bem como nos estágios reprodutivos, como R1 no início do florescimento, a primeira flor aberta em qualquer nó do caule, R3 no início da formação das vagens, com 5mm de comprimento, R5 no início do enchimento dos grãos com 3mm de comprimento, a disponibilidade de água é fundamental para a boa formação da planta e dos frutos (Celuppi et al.,2023). Como observado no Gráfico 1, a chuva se fez presente em estádios de

formação dos grãos, se mantendo mesmo com volumes menores nas demais fases, beneficiando o desenvolvimento da cultura.

4.2 NODULAÇÃO, NDVI E SPAD

A ANOVA não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos em relação as variáveis respostas número de nódulos ativos, número de nódulos inativos e número de nódulos totais em V3 (Gráfico 02).

Gráfico 02 - Nodulação em V3



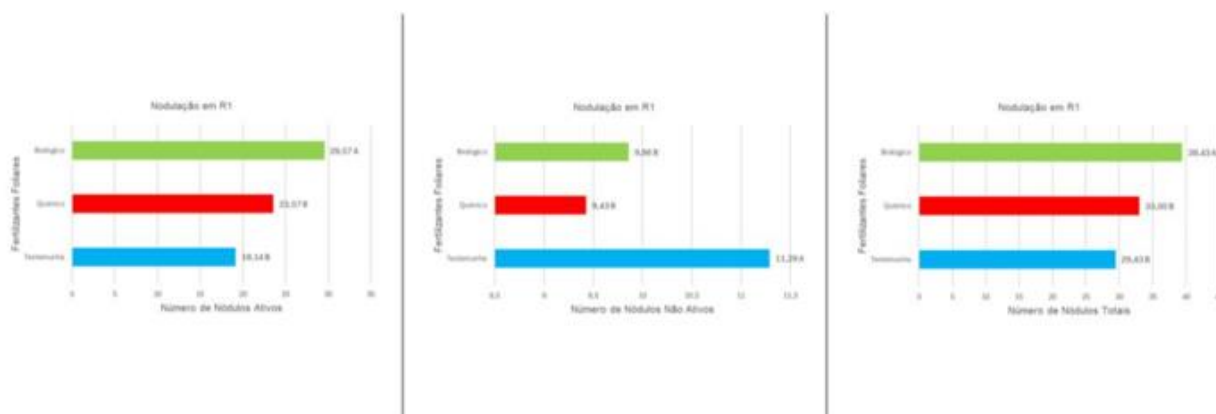
Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Fonte: elaborado pelo autor, 2024.

Conforme o Gráfico 02 percebe-se que não houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos as variáveis número de nódulos ativos, número de nódulos inativos e número de nódulos totais em V3, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essas variáveis não se diferiram significativamente.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos em relação as variáveis respostas número de nódulos ativos, número de nódulos inativos e número de nódulos totais em R1 (Gráfico 03).

Gráfico 03 - Nodulação em R1

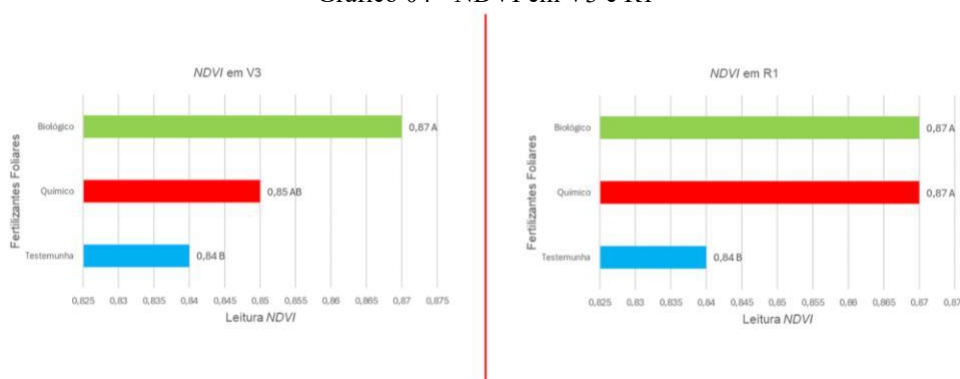


Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.
Fonte: elaborado pelo autor.

O Gráfico 03 demonstra uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos as variáveis número de nódulos ativos, número de nódulos inativos e número de nódulos totais em R1, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essas variáveis se diferiram significativamente, sendo a parcela tratada com fertilizantes bioagrícolas as detentoras do maior número de nódulos ativos.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos em relação as variáveis respostas NDVI em V3 e R1 (Gráfico 04), ou seja, pelo menos um tratamento se diferiu dos demais em relação a variável resposta.

Gráfico 04 - NDVI em V3 e R1

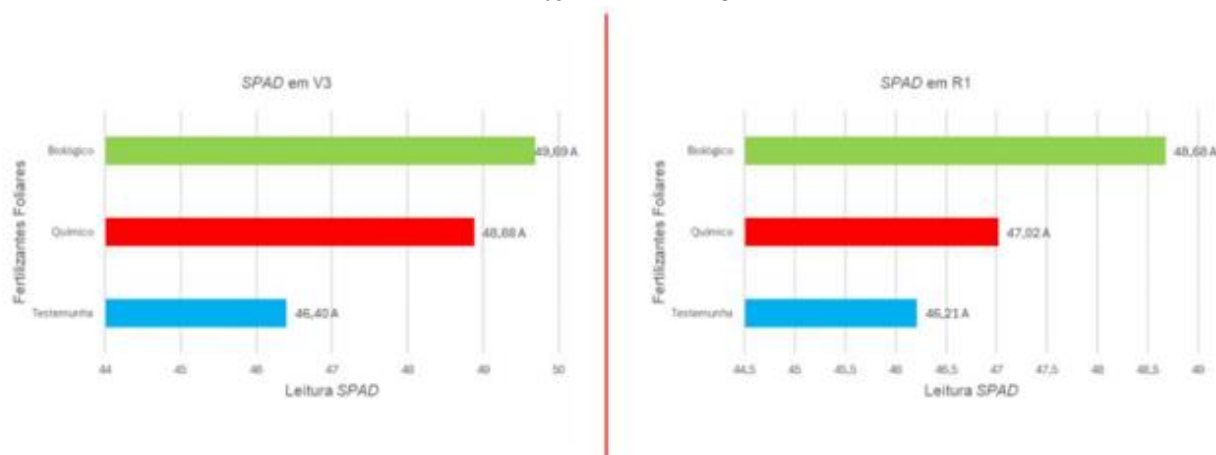


Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.
Fonte: elaborado pelo autor.

O Gráfico 04 demonstra uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos a variável resposta NDVI em V3, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essa variável se diferiu significativamente, a parcela tratada com fertilizantes bioagrícolas apresentou resultado superior aos demais tratamentos. Em R1 essa variável resposta apresentou o mesmo resultado quando comparado com fertilizantes químicos.

A ANOVA não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos em relação as variáveis respostas SPAD em V3 e R1 (Gráfico 05).

Gráfico 05 - SPAD em V3 e R1



Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.

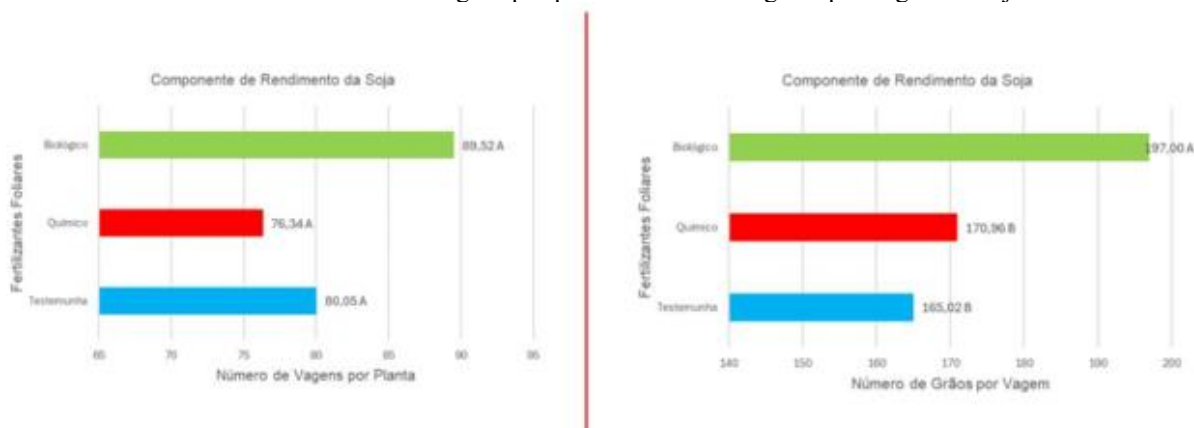
Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme o Gráfico 05 percebe-se que não houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos as variáveis SPAD em V3 e R1, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essas variáveis não se diferiram significativamente. Dessa forma não existe um modelo matemático que explique a relação entre os diferentes tratamentos e a variável resposta.

4.3 COMPONENTES DE RENDIMENTO

A ANOVA não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos em relação a variável resposta número de vagens por planta e revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos em relação a variável resposta número de grãos por vagem (Gráfico 06).

Gráfico 06 - Número de vagens por planta e número de grãos por vagem da soja

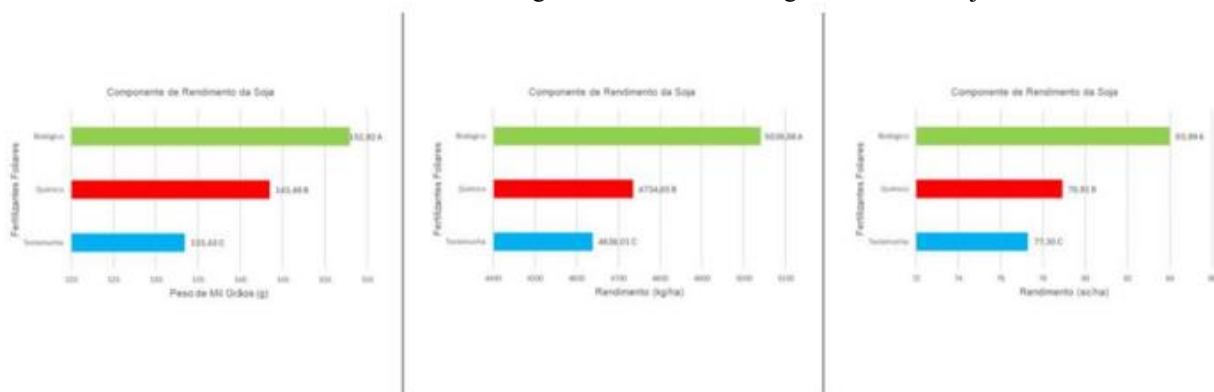


Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.
Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme o Gráfico 06 percebe-se que não houve uma relação de causa e efeito entre a variável tratamentos a variável resposta número de vagens por planta, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essas variáveis não se diferiram significativamente. Dessa forma não existe um modelo matemático que explique a relação entre os diferentes tratamentos e a variável resposta. Entretanto demonstrou uma relação de causa e efeito entre os tratamentos em relação a variável resposta número de grãos por vagem, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essa variável se diferiu significativamente, a parcela tratada com fertilizantes bioagrícolas apresentou rendimento superior aos demais tratamentos.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos em relação as variáveis respostas peso de mil grãos, rendimento em kg/ha e sc/ha (Gráfico 07).

Gráfico 07 - Peso de mil grãos, rendimento em kg/ha e sc/ha da soja



Médias não seguidas de mesma letra diferem significativamente ($P \leq 0,05$) pelo Teste de Tukey.
Fonte: elaborado pelo autor.

Em relação as variáveis respostas peso de mil grãos, rendimento em kg/ha e sc/ha, ambas apresentaram uma relação de causa e efeito com os diferentes tratamentos, ou seja, dentre os diferentes tratamentos essa variável se diferiu significativamente, a parcela tratada com fertilizantes bioagrícolas apresentou rendimento superior aos demais.

5 CONCLUSÃO

Para uma agricultura mais sustentável, torna-se necessário adotar novas técnicas agrícolas para garantir a manutenção da produtividade e da qualidade dos grãos, respeitando o meio ambiente.

O estudo demonstrou a aplicabilidade dos agrobiológicos, embora ainda muito desconhecida pela maioria dos produtores, como uma alternativa vantajosa, tanto por questões financeiras que se tornam um atrativo, como por questões biológicas, que acarretam um menor impacto ao meio ambiente.

Os resultados demonstraram que quando contrapostos com os tratamentos químicos, o biofertilizante apresentou resultados significativos em relação as variáveis número de nódulos ativos em R1, NDVI V3, números de grãos por vagem, peso de mil grãos, rendimento em kg/ha e SC/ha. Validando o produto como uma alternativa sustentável de Produção Mais Limpa, que possibilita a redução dos impactos ambientais causados pelo uso excessivo dos fertilizantes convencionais.

REFERÊNCIAS

- ALBINO, U. B.; CAMPO, R. J. Efeito de fontes e doses de molibdênio na sobrevivência do *Bradyrhizobium* e na fixação biológica de nitrogênio em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 3, p. 527-534, 2001.
- ALOVISI, A. M. et al. Rochagem como alternativa sustentável para a fertilização de solo. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 2020.
- ASSIS, O. B. G.; ALVES, H. C. Metodologia mínima para a produção de filmes comestíveis de quitosana e avaliação preliminar de seu uso como revestimento protetor em maçãs cortadas. *Embrapa Instrumentação-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)*, 2002.
- ÁVILA, C. J. Manejo Integrado de Pragas (MIP) na cultura da soja: um estudo de caso com benefícios econômicos e ambientais. *Embrapa Agropecuária Oeste*, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1098927>. Acesso em: 26 jun. 2024.
- BOJANIC, A. A segurança alimentar, a produção agrícola e o desenvolvimento sustentável. *Brazilian Agricultural Research Corporation – Embrapa*. Disponível em: <https://www.embrapa.br/-/olhares-2030-alanbojanic#:~:text=Est%C3%A1%20vamos%20diante%20da%20chamada%20Revolu%C3%A7%C3%A3o,das%20colheitas%20e%20suprimentos%20alimentares.&text=A1%C3%A9m%20disso%2C%20podemos%20dizer%20que,considerar%20aspectos%20sociais%20e%20ambientais..> Acesso em: 23 jun. 2024.
- BLANCO, I. B. Adubação da cultura da soja com dejetos de suínos e cama de aves. *Unioeste, Cascavel*, 2015.
- BRASIL. Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013. Altera a Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura, e dá outras providências. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 26 jun. 2024.
- CABALLERO, S. S. U. O nitrogênio e as plantas. *Embrapa Soja*, 2015. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeacucar/arvore/CONTAG01_31_711200516717.html. Acesso em: 23 jun. 2024.
- CELUPPI, G. et al. Propriedades qualitativas e quantitativas da soja submetida a aplicação de leite de pedra. *Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis*, 2023.
- CNTL, Centro Nacional de Tecnologias Limpas. 2003. Disponível em: <http://www.cntl.com.br/>. Acesso em 23 jun. 2024.
- CUNHA, T. F. da S.; PIRES, M. L.; PAULA, L. D. R. de. Produção mais limpa: uma ferramenta sustentável. *PARAMÉTRICA*, [S. l.], v. 15, n. 1, 2023. Disponível em: <https://www.periodicos.famig.edu.br/index.php/parametrica/article/view/407>. Acesso em: 1 nov. 2024.
- DE CARVALHO, A. M. X. et al. Plantas, micorrizas e microbiota do solo na disponibilização de nutrientes de pós de rocha. In: *II Congresso Brasileiro de Rochagem*, p. 13, 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, Rio de Janeiro, 2013.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Deficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. *Nativa, Sinop*, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, E. A. et al. Fitossociologia de plantas daninhas na cultura do milho submetida à aplicação de doses de nitrogênio. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 6, n. 2, p. 109-116, 2019.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GÖRGEN, C. A. et al. Modificações químicas em solo arenoso remineralizado com rochas alcalinas cultivado com soja. In: Congresso Brasileiro De Geoquímica, 16., 2017, Armação dos Búzios. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geoquímica, 2017.

HUNGRIA, M. et al. Fixação Biológica do Nitrogênio na Cultura da Soja. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

IDALGO, T. D. N. et al. Qualidade nutricional do grão e parâmetros de produção de soja em sistema orgânico e convencional. 2019. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2019.

LACERDA, D. P. et al. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LAJÚS, C. R. et al. Tecnologia e Gestão da Inovação em Sistemas de Produção Sustentáveis. Campina Grande: EPTEC, 2023.

LIMA, E. P. P.; CASALINHO, H. D.; LIMA, A. C. R. de. Produção mais limpa como ferramenta na construção de agroecossistema de base ecológica em propriedade agrícola familiar. *Revista Thema*, v. 17, n. 4, p. 883-898, 2020.

LIMA MIRANDA, I.; BIASOLI, O. L.; BORGES, L. P. C. Boas práticas agrícolas em propriedades agroecológicas. Anais... Sergipe, 2020.

MARKS, B. B. Avaliação da sobrevivência de bradimirizóbios em sementes de soja tratadas com fungicidas, protetor celular “Power” e o inoculante “Nitragin Optimize”. Porto Alegre, 2008.

MINISTÉRIO DA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 7, de 17 de maio de 1999. 2017.