

Avaliação de nodulação, temperatura, índices *SPAD* e *NDVI* na soja manejada em sistema bioagrícola com e sem o uso do pó de rochas

Evaluation of nodulation, temperature, *SPAD* and *NDVI* indices in soybean managed in a bioagricultural system with and without the use of rock dust

Caroline Olias^{1*}, Cristiano Reschke Lajús¹, Aline Vanessa Sauer², Fábio José Busnello¹

RESUMO

A produção de alimentos em todo o mundo vem sendo um dos grandes desafios da agricultura moderna. A cultura da soja é considerada uma das principais *Commodities* agrícolas, por sua expressividade e técnicas de manejo a fim de otimizar a produção e reduzir os custos de produção são fundamentais. Diante disso, torna-se necessário explorar alternativas que sejam capazes de proporcionar melhor aproveitamento do solo e associado aos pilares da sustentabilidade, otimizar os sistemas de produção agrícola. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a nodulação, temperatura, índice *SPAD* e índice *NDVI* em fase V3 na cultura da soja manejada sob sistema de produção bioagrícola com e sem a utilização do pó de rochas. O presente trabalho foi realizado em uma propriedade rural, localizada na Linha Sachet, no município de Quilombo-SC, durante a safra de soja 2021/22. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Foram realizados 2 tratamentos e 12 repetições, totalizando 24 parcelas, cada tratamento ocupou 5 hectares da área. As variáveis respondidas avaliadas foram a contagem de nódulos ativos e totais, temperatura, índice *SPAD* e índice *NDVI* das plantas. Com base nos resultados foi possível perceber que para a avaliação da nodulação (ativos e totais), e temperatura da folha houve significância no tratamento sem a utilização do pó de rochas, para as avaliações de do índice *SPAD* e índice *NDVI* estas não possuíram significância. Conclui-se, que em função da cultura ter passado por um déficit hídrico durante o período do experimento, ocorreram distúrbios fisiológicos, o que justifica a significância estatística, observada nos resultados.

Palavras-chave: Soja (*Glycine max*); Sistema Bioagrícola; Rochagem.

ABSTRACT

The production of food around the world has been one of the great challenges of modern agriculture. Soybean cultivation is considered one of the main agricultural commodities, because of its expressiveness and alternative management techniques in order to optimize production and reduce production costs are essential. Therefore, it is necessary to explore alternatives that can provide better use of the soil and, associated with the pillars of sustainability, optimize agricultural production systems. Given the above, the objective of this work was to evaluate the nodulation, temperature, *SPAD* index and *NDVI* index in phase V3 in soybean crop managed under a bioagricultural production system with and without the use of rock dust. The present work was carried out on a rural property, located in Linha Sachet, in the municipality of Quilombo-SC, during the 2021/22 soybean harvest. The experimental design used was completely randomized (DIC). 2 treatments and 12 repetitions were carried out, totaling 24 plots, each treatment occupied 5 hectares of area. The response variables evaluated were the count of active and total nodules, temperature, *SPAD* index and *NDVI* index of the plants. Based on the results, it was possible to see that for the evaluation of nodulation (active and total), and leaf temperature there was significance in

¹ Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó

² Universidade Norte do Paraná – Unopar

*E-mail: caroline.olias@unochapeco.edu.br

the treatment without the use of rock dust, for the evaluations of the *SPAD* index and *NDVI* index these had no significance. It is concluded that, as a result of the crop having experienced a water deficit during the period of the experiment, physiological disturbances occurred, which justifies the statistical significance observed in the results.

Key Words: Soy (*Glycine max*); Bioagricultural System; Rocking.

INTRODUÇÃO

A produção de alimentos em todo o mundo vem sendo um dos grandes desafios para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários atualmente. Já que com a intensificação do uso do solo, a disponibilidade dos nutrientes existentes no mesmo fica limitada, diminui a produtividade das culturas, e em consequência há o crescente aumento do uso de fertilizantes químicos, acarretando no aumento do custo de produção das lavouras, já que estes são utilizados em altas doses, além de serem facilmente perdidos através da lixiviação e volatilização, diminuindo sua eficiência para o suprimento das exigências nutricionais das plantas.

Diante disso, torna-se necessário explorar alternativas que sejam capazes de proporcionar um melhor aproveitamento do solo, e conseqüentemente aumento na produção de alimentos.

O uso do pó de rochas pode ser bastante relevante, desde que utilizado da maneira correta, adotando uma metodologia específica para a cultura implantada. É importante observar a granulometria do pó, origem (rocha mãe), bem como o potencial nutritivo que este apresenta. Em função de que a liberação do nutriente para a planta irá ser diretamente influenciada pelo tamanho da partícula, quanto menor for, maior será a liberação do nutriente existente no pó, para ser utilizada na planta (WELTER *et al.*, 2011).

O processo de fabricação do pó de rochas é bem simples. Este possui liberação gradual de nutrientes, possuindo diversas vantagens econômicas, ambientais e de eficiência nutricional para diversas culturas agrícolas. No entanto, poucos estudos têm avaliado o potencial do pó de rochas na cultura da soja.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho visa avaliar a nodulação, temperatura, índice *SPAD* e índice *NDVI* da cultura da soja na fase V3 manejada com e sem o pó de rochas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Brasil é um dos maiores produtores de soja, com produções recordes a cada ano. Destaque para a safra 2019/20, com produção recorde estimada em 120,9 milhões de toneladas, ganho de 5,1% em relação à safra anterior. Esta cultura se encontra na liderança do *ranking* de exportações, alcançando a marca de mais de 80 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2020).

Por ser uma cultura de expressividade nacional, a soja é considerada uma *commodity*. Sua cadeia produtiva está integrada a outros setores, buscando o beneficiamento e agregando valor ao grão, transformando-o em alimentação humana, animal, energia, entre outros (EMBRAPA SOJA, 2014).

O grão é encontrado em todas as regiões do país e possui elevados teores proteicos (BERNO *et al.*, 2007). Em média 90% dos grãos de soja que são consumidos internamente são beneficiados. Ou seja, passam pelo do processo de esmagamento, são transformados em farelo (80% do seu peso) e óleo de soja (os 20% restantes), desconsiderando as perdas existentes pelo processo (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

A produção de soja de um modo geral, seja ela para consumo interno ou externo é dependente do mercado que esta será destinada. Por exemplo, o farelo de soja associado ao milho, constitui a base para a fabricação de ração para consumo animal, majoritariamente bovinos, suínos e aves (NUNES, 2018).

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).

Destaca-se que no ano de 2018, o Brasil foi considerado o país que mais importou fertilizantes. Foi gasto a quantia aproximada de 2,68 bilhões de dólares com fertilizantes nitrogenados, 360,57 milhões de dólares com fertilizantes fosfatados e 3,35 bilhões de dólares com potássicos (TRIDGE, 2019).

MATERIAL E MÉTODO

CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DA PESQUISA

A presente pesquisa foi realizada na área destinada ao cultivo da cultura da soja, do senhor Moacir Antônio Spagnol, durante a safra de soja 2021/22. A área onde o experimento foi desenvolvido situa-se próximo à Comunidade da Linha Sachet, no município de Quilombo-SC, possui as coordenadas geográficas 26°43'55.2"S e 52°46'34.4"W e altitude de 425 metros. (GOOGLE EARTH, 2021), figura 1.

Figura 1 – Local do Experimento (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Google Earth, 2021.

O clima predominante na região segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, clima subtropical, mesotérmico úmido, possui as estações do ano bem definidas, sem períodos de secas definidos, a precipitação média anual é de aproximadamente de 1700 mm, temperatura média de 22 a 27 °C no verão e 12 a 17 °C no inverno (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2017).

As condições climáticas (temperatura máxima, média e mínima e precipitação acumulada) do período experimental serão obtidas no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO, 2021).

O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, com relevo levemente ondulado (SANTOS, 2018).

TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo que foram realizados dois tratamentos e doze repetições de cada tratamento, totalizando vinte quatro parcelas.

A área total utilizada para o experimento foi de 10 hectares, sendo que cada tratamento foi responsável por ocupar 5 hectares da área.

Figura 2 – Croqui do Experimento (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Olias *et al.*, 2021.

Dentre os tratamentos acima descritos é pertinente considerar que o tratamento um (T1) é o cultivo da cultura da soja manejado em sistema agrobiológico com o uso do pó de rochas, já o tratamento dois (T2) é o cultivo da cultura da soja manejado em sistema agrobiológico com o uso do pó de rochas.

A cobertura vegetal existente anteriormente ao plantio da soja foi nabo-forrageiro (*Brassica rapa*), onde no momento da semeadura deste foi espalhado 4.000 kg de pó de rochas em 5 hectares da área onde esta foi definida com T1 proveniente de um britador do próprio município, uma semana após a aplicação do pó de rocha foi feita a aplicação de cama de aviário curtida (5 toneladas) está em toda área – T1 e T2.

O nabo-forrageiro foi dessecado na fase de formação de grãos no dia 11 de setembro de 2021, com utilização de *Roundup Original*[®] Mais (577 g/L do sal de diamônio de glifosato ou 480 g/L do equivalente ácido de glifosato) na dose de 1,5 litros por hectare.

No dia 09 de outubro de 2021 foi realizada a limpeza pré-plantio da área com *Roundup Original*[®]. Neste mesmo processo foi utilizado também no tanque 10 litros de E.M solo, 5 litros de E.M. inseto, 4 litros de Espinosina, 1 litro de Natupiroil – as doses acima citadas foram utilizadas por hectare.

O E.M. é uma colônia de microrganismos que agem em conjunto sobre um determinado agente.

No caso do E.M. solo, este é um composto com mais de 200 espécies de microrganismos, principalmente bactérias, cuja função principal é a realização da simbiose com as raízes das plantas, associada à ativação enzimática, liberam exsudados, os quais promovem a degradação do pó de rocha, fazendo com que mesmo atua como um

remineralizador, além de auxiliar no aumento da microbiota do solo (AMTEC, BIOAGRÍCOLA, 2021).

Já o E.M. insetos é composto de *Nomuraea* (gênero de fungos da família *Clavicipitaceae* presentes em matas nativas), que atuam no controle de pragas, desempenham o papel de bioinseticida multissítio, seu principal alvo de atuação é no controle de lagartas (AMTEC, BIOAGRÍCOLA, 2021).

As Espinosinas por sua vez, são as moléculas extraídas a partir da bactéria de solo *Saccharopolyspora spinosa* através do processo fermentativo, possuindo ação inseticida (AMTEC, BIOAGRÍCOLA, 2021).

O Natupiol é um considerado um extrato pirolenhoso decantado que apresenta a função de ser quelante complexante, apresentando também a função adjuvante (IPB, 2021).

A cultivar escolhida para ser utilizada no experimento foi a Brasmax Zeus IPRO de ciclo médio/tardio (tratamento de sementes industrial 'TSI' – com a utilização de Standak[®] Top), de peneira 6,5, inoculada com *Bradyrhizobium*.

A semeadura foi realizada no dia 21 de outubro de 2021, com espaçamento de 50 centímetros nas entrelinhas, resultando na densidade de 12 plantas por metro linear, e densidade média 240.000 plantas por hectare.

No momento da semeadura foi utilizada a adubação de base (4-24-12) a uma dose de 220 kg/ha em sulco.

O protocolo de aplicação dos produtos na área do experimento foi desenvolvido pela AMTec Bio-agrícola, empresa que oferece tecnologias e produtos para a agricultura moderna, localizada na cidade de Uberlândia – MG.

Desde que iniciou-se o monitoramento pluviométrico na área até o estágio ideal para a coleta dos dados as precipitações deram-se nos dias 29/10, 04/11, 12/11, 13/11 com 40 mm, 18 mm, 68 mm e 22 mm respectivamente.

Durante as avaliações quantitativas da soja nos sistemas de produção convencional e agrobiológico, as variáveis respostas a seguir descritas foram aferidas:

A temperatura da folha com o auxílio de um medidor Laser PCE-889, este termômetro infravermelho funciona captando essa radiação, convertendo a energia térmica em energia elétrica e determinando a temperatura do que foi medido.

A leitura da taxa de clorofila das folhas (SPAD) da soja foi realizada pelo clorofilômetro portátil denominado SPAD-502 plus da marca Konica Minolta, que

fornece leituras que correlacionam com os teores de clorofila presentes na folha em tempo real, esses valores são calculados a partir da leitura diferencial da quantidade de luz presente na folha, mais precisamente pelo primeiro comprimento de onda onde ocorre a absorção de luz pela clorofila na folha (KONICA-MINOLTA, 2021).

Para a obtenção do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*NDVI*), foi utilizado o aparelho *GreenSeeker*[®] 505 HandHeld Sensor, tal sensor óptico não formador de imagem apresenta relação direta com as características biofísicas da planta refletindo-as em um índice. O *NDVI* consiste no cálculo da diferença entre emissão e reflexão de dois comprimentos de onda do espectro eletromagnético infravermelho próximo (0,725-1,1 μm) e vermelho (0,58-0,68 μm), e seu valor varia de -1 a 1 (AGRIEXPO, 2021).

As variáveis respostas avaliadas são as propriedades qualitativas (Temperatura da folha, *SPAD* e *NDVI*) foram avaliadas conforme a metodologia de Floss (2011) e Carneiro (2018). Sendo realizadas 4 leituras por parcela, a 60 cm de altura sobre o dossel da planta, utilizando o medidor laser para temperatura PCE-889, *SPAD*-502 plus e o sensor óptico ativo *GreenSeeker*[®].

A avaliação da nodulação na soja foi realizada no estádio V3. Após coleta, lavagem e secagem das raízes, os nódulos foram contados, e por meio de corte e observação avaliados em ativos ou inativos. Os dados foram resultantes das quatro plantas, de cada parcela, e expressos em números de nódulos por planta (MILANI *et al.*, 2008).

Com a cultura já implantada foi realizada a demarcação da área com estacas sinalizadoras agrícolas em plástico reforçado com fibra de vidro diâmetro 3 mm com haste de 1,3 m de altura. Foram demarcadas 12 repetições em cada Tratamento sendo que em cada repetição com 7 linhas de plantio (aproximadamente 3,25 m de largura) por 3 m de comprimento, onde aproximadamente existia em cada 315 plantas.

A coleta dos dados para analisar as variáveis, deu-se no estádio de V3. Mais precisamente no dia 15 de novembro de 2021.

Das aproximadamente 315 plantas existentes em cada repetição dos Tratamentos (T1 e T2), foram selecionadas 4 aleatoriamente onde nestas foram realizadas as avaliações de temperatura, *SPAD* e *NDVI*.

O período de coleta dos dados para o Tratamento 1 (Sistema agrobiológico com uso de pó de rochas) foi das 14:00 às 15:05. O período de coleta dos dados para o

Tratamento 2 (Sistema agrobiológico sem o uso de pó de rochas) foi das 15:20 às 16:30.

Posteriormente às avaliações realizadas à campo, as mesmas plantas foram coletadas e guardadas em embalagens plásticas para posterior contagem de nodulação das mesmas.

As avaliação da nodulação e contagem das mesmas deram-se com o auxílio de um canivete, uma tesoura íris reta metálica, uma pinça anatômica e uma lâmina, os nódulos foram retirados das raízes das plantas e posteriormente cortados para observação dos nódulos ativos e inativos.

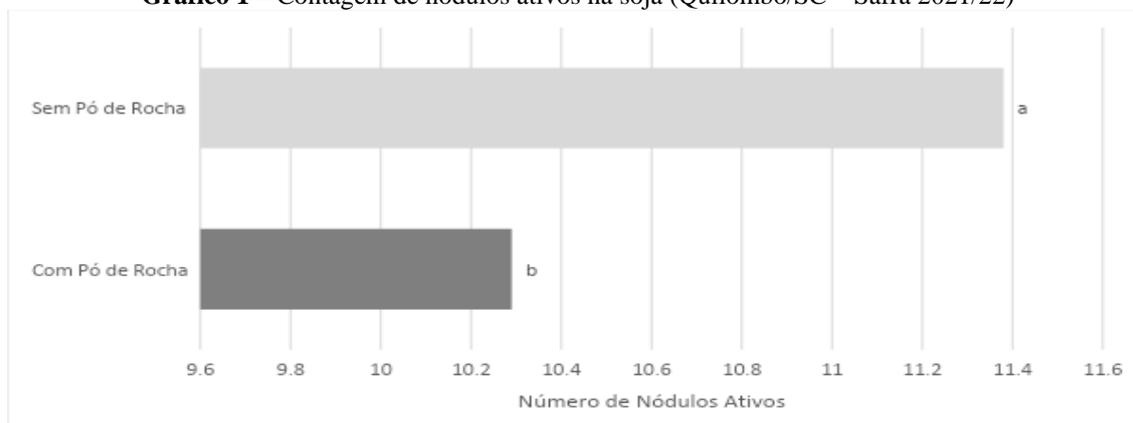
TÉCNICAS DE ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

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 ($P \leq 0,05$) de probabilidade de erro, os resultados que possuírem significância foram ajustados à regressão (linear ou quadrática). Foi utilizado o *software* estatístico denominado SISVAR para a demonstração gráfica dos resultados (FERREIRA, 2011).

As condições meteorológicas durante o período experimental (21/10/21 à 15/11/21) foram influenciadas as pelo fenômeno “LA NIÑA”, evento que é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial. As temperaturas durante o respectivo período variaram de 14,3 °C a 30,4 °C, com precipitação acumulada de 147,3 mm, (AGRITEMPO, 2021).

A análise de variância (ANOVA) revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos em relação à variável resposta número de nódulos ativos (Gráfico 1).

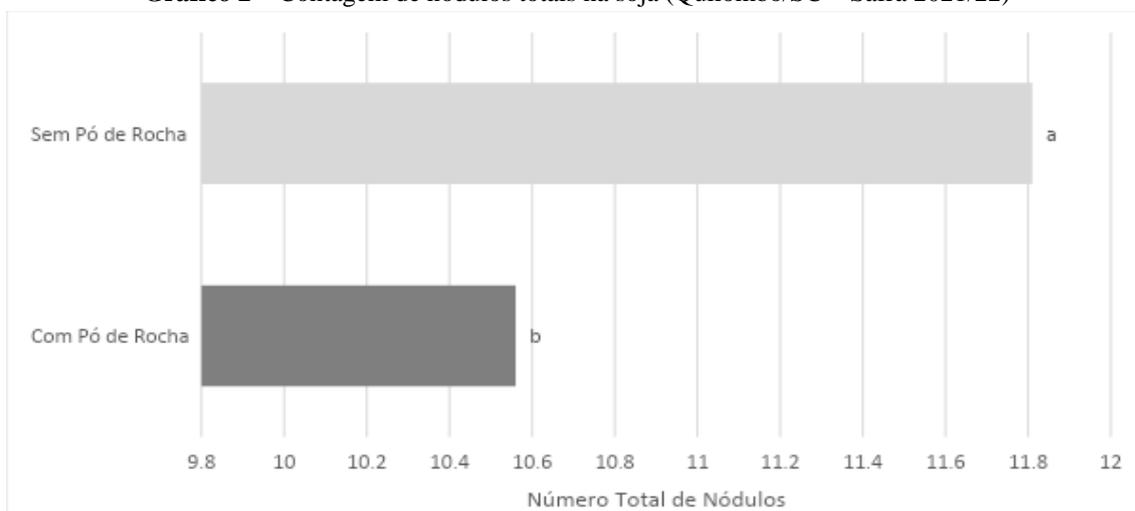
Gráfico 1 – Contagem de nódulos ativos na soja (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Olias *et al.*, 2021.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P \leq 0,05$) dos tratamentos em relação à variável resposta número total de nódulos (Gráfico 2).

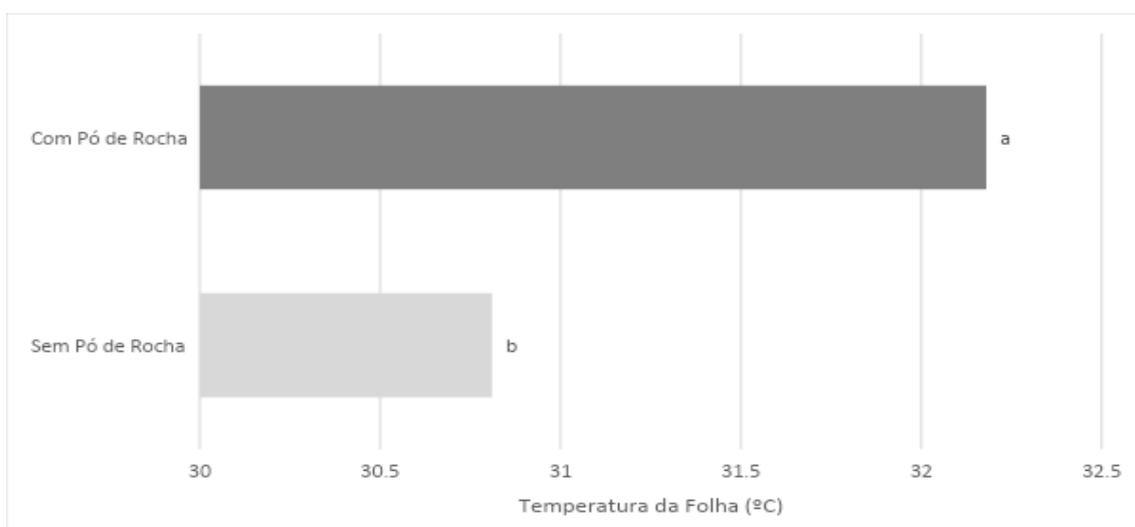
Gráfico 2 – Contagem de nódulos totais na soja (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Olias *et al.*, 2021.

A ANOVA revelou efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos em relação à variável resposta temperatura da folha (Gráfico 3).

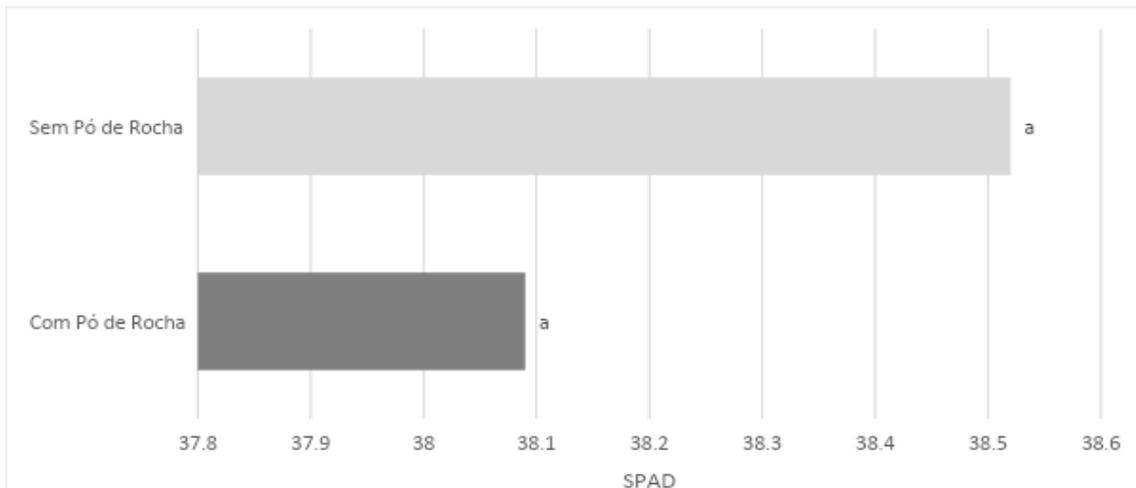
Gráfico 3 – Temperatura da folha de soja (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Olias *et al.*, 2021.

A ANOVA não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos em relação à variável resposta SPAD (Gráfico 4).

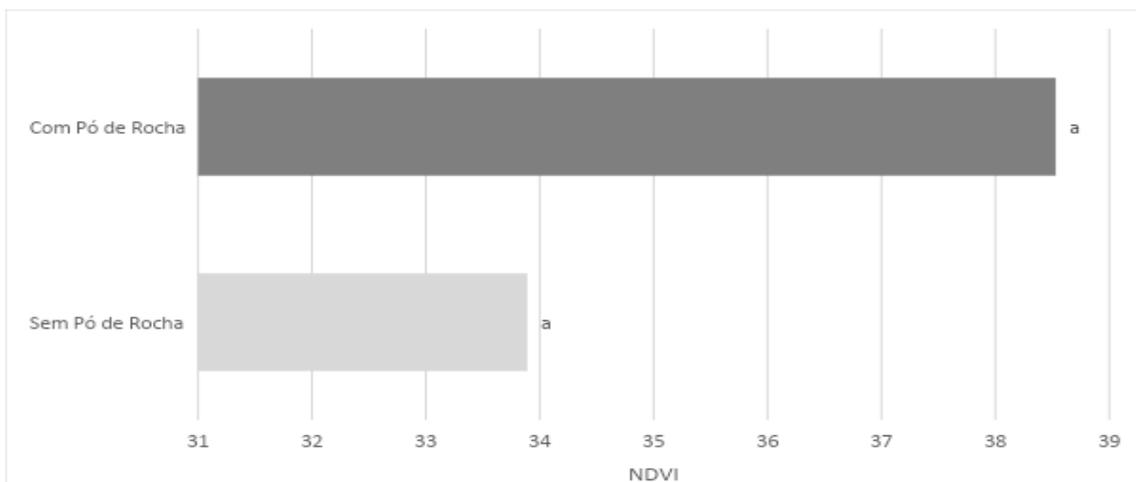
Gráfico 4 – Avaliação do índice SPAD na soja (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Olias *et al.*, 2021.

A ANOVA não revelou efeito significativo ($P > 0,05$) dos tratamentos em relação à variável resposta NDVI (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Contagem Avaliação do índice NDVI na soja (Quilombo/SC – Safra 2021/22)



Fonte: Olias *et al.*, 2021.

É perceptível observar que no período em que o experimento foi conduzido houve influência do fenômeno “*LA NIÑA*”. Pode-se verificar que a precipitação foi limitante para a eficiência da nodulação desde a emergência até o V5, pois na fase de emergência ao início da nodulação (V1), período compreendido entre os dias 21/10/21 à 30/10/21, os valores diários obtidos (7,5 mm à 23,5 mm) ficaram acima dos parâmetros preconizados por Floss (2011) e Cunha (1997), ou seja 5,0 mm diários. Entre as fases de V2/V3 (31/10/21 à 06/11/21 com valores diários de precipitação entre 1,1 mm à 3,9 mm) à V5 (07/11/21 à 15/11/21 e 0,2 mm a 3,2 mm, respectivamente) percebe-se que os valores diários registrados foram abaixo dos parâmetros ideais.

Neste sentido as precipitações diárias entre 5,0 mm a 20,0 mm ideais para as fases de Emergência à V1 (início da nodulação), V2 à V3 (nódulos visíveis) até o estágio vegetativo V5 (liberação de 100% do nitrogênio nodular para a parte aérea na forma de ureídeos (alantoína e ácido alantóico) (FLOSS, 2013).

Como demonstrado pelo Gráfico 1 a avaliação do número de nódulos ativos no Tratamento 2, foi superior ao Tratamento 1, ou seja, na área onde o pó de rochas não foi utilizado houve em média um nódulo ativo a mais. Em relação ao número total de nódulos (Gráfico 2), o mesmo também foi observado, proporcionalmente ao observado anteriormente.

Em estudos realizados por Pissáia (2019), demonstram que a inoculação da cultura da soja com a bactéria *Bradyrhizobium* é a mais eficiente em termos de nodulação da planta. Hungria *et al.*, (2001), descrevem que a planta de soja bem nodulada pode ser considerada aquela que, na época do florescimento, apresenta entre 15 a 30 nódulos na raiz.

Neste sentido, no estágio em que ocorreu a coleta (V3), pode-se perceber que mesmo havendo significância houve um número considerável de nódulos na cultura.

De acordo com estudos realizados por Idalgo (2019), o número de nódulos por plantas, porém com diâmetro menor no sistema orgânico de cultivo quando comparado ao sistema convencional. Segundo este autor existe uma correlação positiva entre o número de nódulos por planta e o teor de nitrogênio nas folhas.

Santos (2019), descreve em pesquisas relacionando o uso de inoculação em sementes de soja, constatando que quando as mesmas são inoculadas apresentam melhor desenvolvimento e nodulação das plântulas.

Em relação a variável temperatura conforme demonstrada na Gráfico 3, é possível destacar que a área com utilização do pó de rochas houve significância com aproximadamente 1,37 °C, podendo ser justificada pelo período que realizou-se a avaliação entre os tratamentos. No T1, a avaliação ocorreu no horário de 14:00 às 15:05, já a coleta no T2 foi das 15:20 às 16:30, horário este mais fresco e com menor radiação direta incidente na área.

As temperaturas ideais para a eficiente nodulação da soja durante as fases de Emergência à V1 (início da nodulação), V2 à V3 (nódulos visíveis) até o estágio vegetativo V5 (liberação de 100% do nitrogênio nodular para a parte aérea na forma de ureídeos (alantoína e ácido alantóico) (FLOSS, 2013).

A avaliação da temperatura do ar, do ambiente, bem como da folha em uma situação de restrição hídrica, sob cultivares de soja, observou-se que e em algumas determinadas apresentaram uma maior temperatura, sendo indicativo que certos genótipos possuem uma tolerância ao estresse, pois conseguem manter sua temperatura estável em ambientes adversos (PIZZOLATO, 2019).

Li *et al.*, (2004), relatam que o aumento da temperatura nas folhas pode ocasionar a redução da fotossíntese através dos danos ao aparato fotossintético. Durante o período de restrição hídrica, a diminuição da condutância estomática reduz a perda de água por transpiração ocasionando um aumento na temperatura foliar, a qual pode reduzir a taxa de assimilação de CO₂ por danos fotoinibitórios ao aparato fotossintético.

Em relação à leitura do índice *SPAD* (Gráfico 4), foi possível constatar que não houve efeito significativo entre os tratamentos, mas apresentou valores abaixo do ideal.

De acordo com Machado *et al.*, (2020) a soja submetida a estresse na fase vegetativa não conseguem recuperar o potencial de crescimento, evidenciada pela avaliação do índice *SPAD* e área foliar.

A avaliação da quantidade de clorofila presente na folha, mesmo em estimativa é muito importante, pois correlaciona-se com a produtividade da cultura (CASAROLI *et al.*, 2007).

Para a avaliação de NDVI conforme o Gráfico 5, constatar que não houve efeito significativo entre os tratamentos, mas apresentou valores abaixo do ideal.

Na soja, para superar os impactos negativos do estresse hídrico, algumas estratégias são de suma importância e têm sido desenvolvidas e adotadas, incluindo principalmente práticas agrícolas e o melhoramento genético de cultivares (YE *et al.*, 2018).

A tolerância ao déficit hídrico é um mecanismo que permite que as plantas mantenham seu metabolismo, após uma redução no potencial hídrico (Mitra, 2001).

O nível das alterações depende da duração e da intensidade do estresse, do material genético utilizado e do estágio de desenvolvimento da planta (FAROOQ *et al.*, 2009). Ou seja, a complexidade das respostas que as plantas têm à tolerância ou suscetibilidade à seca, depende principalmente do seu genótipo e do estágio fenológico de desenvolvimento em que esta se encontra (RECCHIA, 2011).

CONCLUSÃO

Com base nos resultados acima descritos é possível perceber que em função das avaliações de variáveis respostas (número de nódulos ativos, número total de nódulos, temperatura, índice *SPAD* e índice *NDVI*) serem realizadas no estágio de V3, quando os nódulos já estão visíveis, porém ainda em processo de crescimento e desenvolvimento, os mesmos não exercem a sua liberação máxima de nitrogênio.

O ideal seria realizar as avaliações em V5, quando os nódulos, já estão liberando 100% do N para a parte aérea da planta e assim aumentando a eficiência do processo fotossintético (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Além disso, em função da cultura ter passado por déficit hídrico durante este período, ocorreu uma série de distúrbios fisiológicos, o que justifica a significância estatística, observada nos resultados.

REFERÊNCIAS

- AGRIEXPO. **Refletômetro portátil GreenSeeker**. Disponível em: <<https://www.agriexpo.online/pt/prod/trimble-agriculture/product-170463-107009.html>>. Acesso em 24 de nov. 2021.
- AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**, 2021. Disponível em: <<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Grafico/graficoEstacao.jsp?siglaUF=SC>>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- AMTEC BIOAGRÍCOLA. **Produtos e Serviços**. Uberlândia-MG. 2021.
- BERNO, L. I.; GUIMARAES-LOPES, Tatiana Gisele; CANNIATTI-BRAZACA, Solange Guidolin. Avaliação da composição centesimal, digestibilidade e atividade inibitória de tripsina em produtos derivados de soja (*Glycine Max*). **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 3, p. 277-282, 2008. Disponível: <<http://200.145.71.150/seer/index.php/alimentos/article/view/164/172>>. Acesso em: 09 set. 2021.
- CARNEIRO, F. M. **Sensores de dossel o monitoramento da viabilidade temporal das culturas da soja e amendoim**. São Paulo, 2018.
- CASAROLI, D; *et al.*, Radiação solar e aspecto fisiológicos na cultura da soja. **Revista da FVZA**, v.14, n. 2, p. 102-120, 2007.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. 2021. Disponível em: <[http https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos)>. Acesso em: 09 set. 2021.

CUNHA, G. R. **Meteorologia: fatos e mitos**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT, 1997.
EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja – Região Central do Brasil** 2014.
Londrina, PR: Embrapa Soja, 265 p., 2013.

FAROOQ M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In **Sustainable agriculture Springer**, Dordrecht, 153-188.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542011000600001&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em 24 ago. 2021.

FLOSS, E. L. **Agronegócio e Desenvolvimento: “pontos de vista”**. 1. ed. Passo Fundo: Instituto de Ciências Agronômicas, 2013.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 5. ed. Passo Fundo, RS: Editora Universidade de Passo Fundo, 2011.

GOOGLE EARTH (2021). **Google Earth**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 15 de junho de 2021;

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro. **Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E)**, 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/990000/1/Oagro_negociodasojanoscontextosmundialebrasileiro.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.

HUNGRIA, M. *et al.*, **Fixação Biológica do Nitrogênio na Cultura da Soja**. Londrina: Embrapa Soja. 2001. 48p.

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

IPB. **O extrato pirolenhoso**, Rio de Janeiro-RJ. 2021. Disponível em: <<https://epb.eco.br/caracteristicas-extrato-pirolenhoso/>>. Acesso em: 12 dez. 2021.

KONICA
MINOLTA. **SPAD-502 Plus Medidor de Clorofila**. 2020. Disponível em: <<https://sensing.konicaminolta.us/br/products/medidor-de-clorofila-spad-502plus/>>. Acesso em 18 de nov. 2021.

LI, F., S. KANG AND J. ZHANG, 2004: **Interactive effects of elevated CO₂, nitrogen and drought on leaf area, stomatal conductance, and evapotranspiration of wheat**. *Agric. Wat. Manag.* 67, 221-233.

MACHADO, AVC *et al.*, Influência do déficit hídrico no período da fase vegetativa da soja. In: **Embrapa Cerrados-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In:

CONGRESSO ONLINE PARA AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE MILHO E SOJA, 3., 2020, Santa Maria. Anais... Santa Maria: Even3, 2020., 2020.

MILANI, G.L. *et al.*, Nodulação e desenvolvimento de plantas oriundas de sementes de soja com altos teores de molibdênio. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.30, n.2, p.19-27, 2008.

MITRA, J. (2001) Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. **Current Science** 80:758–763.

NUNES, T. Uso do grão de soja integral em substituição parcial ao farelo na dieta de vacas em lactação 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) - **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Dois Vizinhos, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16721>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

PIZOLATO NETO, A. **Tolerância ao déficit hídrico em soja**: Respostas bioquímicas, fisiológicas e fenotípicas. 2019.

POLIDORO, J. C. (2019). Dependência externa de fertilizantes é debatido em audiência pública. **Embrapa Notícias**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/30098853/dependencia-externa-de-fertilizantes-npk-e-debatida-em-audiencia-publica>>. Acesso em: 17 set. 2021.

RECCHIA, G. H. **Identificação de genes diferencialmente expressos em feijoeiro envolvidos na resistência ao estresse hídrico**. 152 f. Dissertação (Mestrado em Biologia na Agricultura e no Ambiente). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SANTOS, D. A. T. *et al.*, Nodulação e tratamento de sementes no desenvolvimento de plântulas de soja. **Biodiversidade**, v. 18, n. 1, 2019.

SANTOS, H. dos *et al.*, Sistema Brasileiro de Classificação de solos-Embrapa. **Embrapa, Org.) (5o ed). Brasília, DF: Embrapa**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>>. Acesso em: 17 out. 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
Tridge. **Top importing Countries of Potassium Fertilizers**. 2019. Disponível em: <<https://www.tridge.com/intelligences/potassium-fertilizers/import>>. Acesso em: 17 set. 2021.

Ye H, Roorkiwal M, Valliyodan B, Zhou L, Chen P, Varshney R, Nguyen HT (2018) Genetic diversity of root system architecture in response to drought stress in grain legumes. **Journal of Experimental Botany** 69:3267–3277.

Recebido em: 15/05/2022

Aprovado em: 18/06/2022

Publicado em: 22/06/2022