FORNECIMENTO DE SILÍCIO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO MILHO VERDE

Sandro Dan Tatagiba, Isadora Berton Perosa, Laura Rigo, Gustavo Zago, Isabel Perazzoli, Ricardo Araújo

Instituto Federal Catarinense - Campus Videira/ Rodovia SC 135 KM, 125, Campo Experimental - 89560-000 - Videira-SC, Brasil, autores: sandrodantatagiba@yahoo.com.br, isadorabperosa@gmail.com, laura.agronomia2024@gmail.com, gustavozago180@gmail.com, isabelperazzoli18@gmail.com, ricardo.araujo@ifc.edu.br.

Resumo

O objetivo do trabalho foi investigar o uso do silicato de potássio fornecido via foliar e/ou no solo sobre o crescimento e produção do milho verde. Para isso, plantas de milho híbrido, variedade “Saboroso” cresceram em vasos plásticos contendo 8 dm^{-3} de substrato por 124 dias, sendo mantido próxima a capacidade de campo. O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, composto por quatro tratamentos: S+F+ (Silicato de potássio fornecido via solo e folha), S+F- (Silicato de potássio fornecido via solo), S-F+ (Silicato de potássio fornecido via folha) e S-F- (Tratamento controle, sem fornecimento de silicato de potássio). Os dados foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey. O fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F−) favoreceu o incremento significativo na altura, no número de folhas e na massa fresca foliar, do colmo e das raízes, resultando no maior acúmulo de massa fresca total. Além disso, beneficiou o incremento no comprimento e na massa fresca da espiga, evidenciando ser promissor para o rendimento produtivo da cultura.

Palavras-chave: Crescimento. Rendimento produtivo, Silício, *Zea mays* L.. Variedades.
Área do Conhecimento: Engenharia Agronômica - Agronomia.

Introdução

O silício (Si) é um elemento benéfico para as plantas e têm ganhado destaque em sua utilização como fertilizante. Apesar de não ser considerado um elemento essencial para a maioria das plantas, é conhecido por ser um mitigador do estresse biótico e abiótico e trazer ganhos de produtividade a diversas culturas. Entre os benefícios do elemento, destaca-se o acúmulo do elemento na parede celular, formando uma barreira que reduz a perda de água e melhora a arquitetura das plantas,

favorecendo uma posição mais ereta das folhas, o que aumenta a interceptação da luz solar e, consequentemente, a eficiência fotossintética. O Si também contribui para o aumento da atividade fotossintética, além de fortalecer os mecanismos de defesa vegetal e favorecer a resistência ao ataque de pragas e patógenos (Liang; Sun; Si, 2005).

As espécies vegetais apresentam diferentes capacidades de absorção e acúmulo do elemento. Em geral, as plantas monocotiledôneas são consideradas acumuladores de Si, devido ao processo ativo que ocorre nas raízes, levando o acúmulo dos teores foliares acima de 10,0 g Kg^{-1} de Si. A maioria das dicotiledôneas, por sua vez, possui absorção radicular do elemento na forma passiva e são classificadas como exclusoras de Si. Em dicotiledôneas, o teor do elemento nos tecidos foliares não ultrapassa 5,0 g Kg^{-1}, sendo consideradas não acumuladoras de Si (Oliveira, 2009).

A forma de sílica amorfa, na qual o Si é depositado nas plantas levou a muitos estudiosos caracterizarem o elemento como pouco móvel ou imóvel nas plantas (Oliveira, 2009). A sílica se combina com compostos orgânicos celulares, como a celulose e hemicelulose, fazendo que o elemento seja imobilizado, o que dificulta a redistribuição das partes velhas para as novas nas plantas (Oliveira, 2009). Entretanto, ainda não foi caracterizada a mobilidade do elemento de forma conclusiva, o que faz com que a eficiência de sua absorção seja controversa.

Dessa maneira, testar a forma de aplicação do elemento sobre as plantas, seja via solo ou foliar, pode ser uma estratégia de uso sustentável e eficiente na cultura do milho. Alguns estudos apontam que a absorção de Si é quase exclusivamente realizada pelo sistema radicular (Guével; Menzies; Bélanger, 2007), enquanto outros relatam que a aplicação foliar apresenta maior eficácia (Othaman et al., 2020). Diante do exposto e levando em consideração a importância de encontrar maneiras de mitigar os efeitos causados pelas formas de aplicação do elemento na cultura do milho verde, este estudo foi realizado. Assim, o objetivo deste trabalho foi investigar o uso de silicato de potássio fornecido via foliar e/ou no solo sobre as características de crescimento e produção do milho verde.

Metodologia

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação, pertencente ao Instituto Federal Catarinense - Campus Videira, localizado na rodovia SC 135, Km 125, bairro Campo Experimental, no município de Videira, estado de Santa Catarina. O experimento foi realizado no período de 02 de dezembro de 2025 a 05 de abril de 2026, com duração de 124 dias.

O semeio do milho híbrido, *Zea mays* L., variedade “Saboroso” (GranSafra) foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 8 dm^{-3}. O substrato para preenchimento dos vasos foi constituído de uma mistura de terra extraída da camada de 0,40 a 0,80 m de profundidade de um Argissolo Vermelho Distrófico e substrato comercial Tropstrato® (Vida Verde, Mogi Mirim, SP) na proporção 3:1, respectivamente. Utilizaram-se três sementes no semeio, mantendo-se uma planta por vaso após o desbaste. Foi realizada análise granulométrica do substrato, obtendo-se a classificação textural como muito argiloso.

Amostras do substrato foram analisadas quimicamente, resultando em boa disponibilidade de bases trocáveis (SB = 14,69 cmolc dm^{-3}) e de saturação de bases (V = 66,7%) e razóavel disponibilidade de fósforo (P = 17,14 mg dm^{-3}). Antes do plantio foi necessário realizar a correção da acidez do solo, elevando a saturação por bases a 70%, fornecendo 2,50 g/vaso de calcário dolomítico (Filler®). As adubações de plantio e de cobertura foram realizadas de acordo com o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016).

Foram realizadas cinco aplicações de silicato de potássio, fornecidos via foliar e solo, utilizando-se a dose de 6 mL/L, aplicados aos 30, 45, 60, 75 e 100 DAE das plântulas. As quantidades de silicato de potássio utilizadas nas cinco aplicações em cada uma das plantas foram às seguintes: 30, 50, 110, 135 e 170 mL, na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta aplicações, respectivamente.

O silicato de potássio utilizado na experimentação (Solo Fértil Adubação Foliar®) apresenta formulação do tipo EC (Concentrado emulsionável), sendo recomendado para a cultura do milho, apresentando os seguintes nutrientes solúveis em água na escala peso/volume: 165,6 g/L de K_2O (Potássio) e de Si (Silício).

Para o estabelecimento de água no substrato, foi utilizado o nível de água, definido na capacidade de campo, sendo o controle da irrigação realizado pelo método gravimétrico (Pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado, considerando-se a massa do solo e de água.

A coleta para avaliação do crescimento e produção foi realizada no final do experimento, quando os grãos encontravam-se no estado leitoso. Foram avaliados por planta em cada um dos tratamento as seguintes variáveis: a altura, o diâmetro do coleto, o comprimento e a largura foliar, o número de folhas e nós, a matéria fresca das folhas, do colmo, da raiz e total (folha, colmo e raiz). Também foi avaliada a massa fresca da espiga, a massa fresca de 100 grãos e o comprimento da espiga.

O experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições, composto por quatro tratamentos (Formas de aplicação de silicato de potássio): S+F+ (Silicato de potássio fornecido via solo e folha), S+F- (Silicato de potássio fornecido via solo), S-F+ (Silicato de potássio fornecido via folha) e S-F- (Tratamento controle, sem fornecimento de silicato de potássio). Cada unidade experimental foi composta de um vaso plástico contendo uma planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e os tratamentos comparados pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) utilizando o programa o software R®, versão 4.3.2.

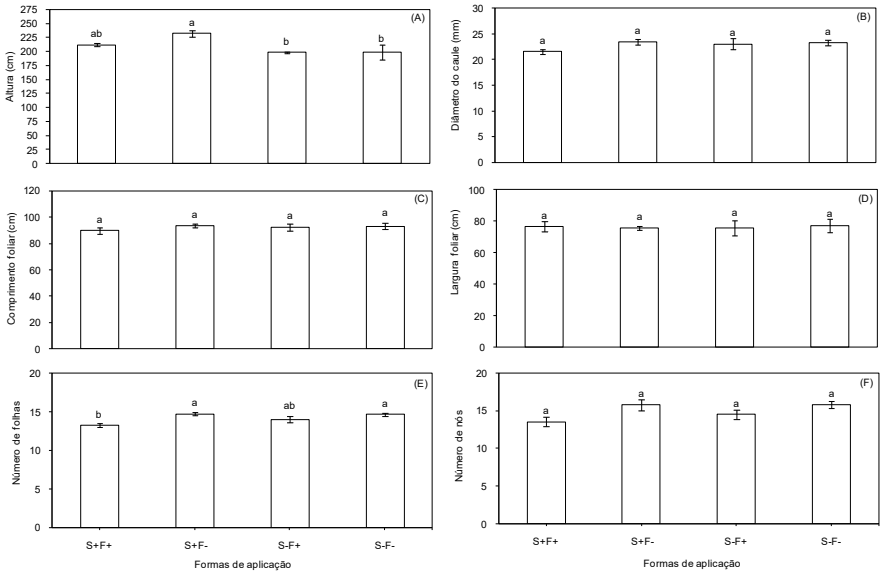
Resultados

A Figura 01 apresenta os valores médios de crescimento para a altura, o diâmetro do caule, o comprimento e largura foliar, além do número de folhas e de nós no final do experimento, aos 124 DAE das plântulas, para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se para a altura que houve diferença significativa entre as médias para as diferentes formas de aplicação do silicato de potássio (Figura 1A). Nas plantas onde o silicato de potássio foi fornecido via solo (S+F-) e no tratamento via solo e folha (S+F+), não foram encontradas diferenças significativas nas médias, registrando os valores de médios de 231,6 e 211,6 cm. Entretanto, o fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-) foi significantemente superior em 14,5 e 14,2% em relação aos tratamentos de fornecimento de silicato de potássio via folha (S-F+) e controle (S-F-, sem fornecimento de silicato de potássio), respectivamente (Figura 1A). Para o diâmetro do caule (Figura 1B), não foi observado diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, verificando que a aplicação de silicato de potássio, não favoreceu o incremento na expansão do diâmetro, nas diferentes formas de aplicação.

Os valores médios do comprimento e da largura foliar são apresentadas na Figura 1C e 1D, respectivamente. Estas duas características agronômicas estudadas em conjunto permitem relacionar se aplicação de silicato de potássio influenciou a área foliar das plantas. Observa-se que não houve diferenças significativas entre as médias para o comprimento e a largura das folhas nos tratamentos aplicados (Figura 1C e 1D, respectivamente), evidenciando que as diferentes formas de aplicação de silicato de potássio não influenciaram o crescimento em expansão média das folhas.

Figura 1 - Altura (A), Diâmetro do caule (B), comprimento foliar (C), largura foliar (D), número de folhas (E) e número de nós de plantas de milho verde em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio, obtidos no final do experimento.



*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P ≤ 0,05). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Nota-se na Figura 2E, o número médio de folhas por planta, nas diferentes formas de aplicação de silicato de potássio. Os tratamentos S+F-, S-F+ e S-F- não apresentaram diferenças significativas entre as médias, evidenciando que a aplicação de silicato de potássio somente via solo ou via folha, não beneficiou o incremento no número de folhas emitidas pelas plantas. Entretanto, o fornecimento de Si via solo e folha (S+F+), reduziu significativamente o número de folhas emitidas pelas plantas, quando comparado com os tratamentos S+F- e S-F+.

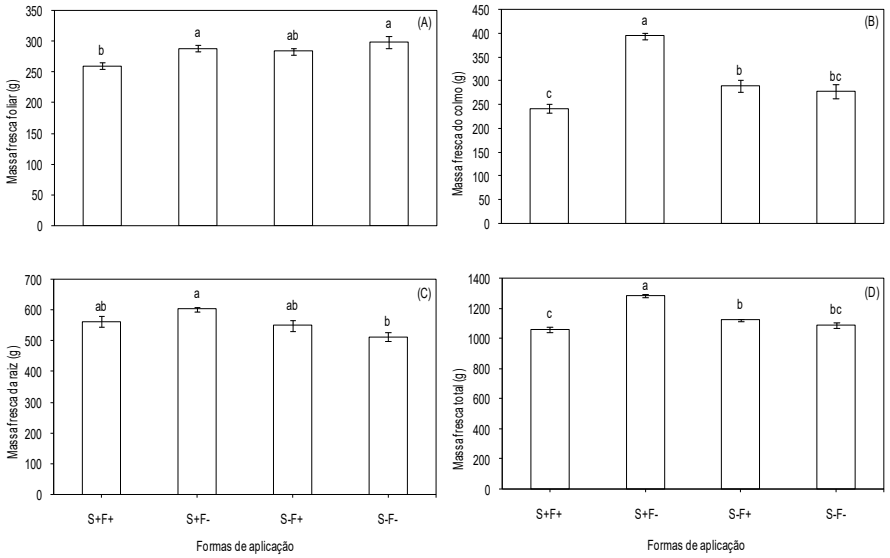
Quanto ao número de nós, observa-se que não houve diferença significativa entre as médias para as diferentes formas de aplicações de silicato de potássio (Figura 1F). Este fato permite deduzir, que o fornecimento de silicato de potássio não influenciou o número de nós. Contudo, contribuiu para o crescimento em expansão entre os nós do colmo, refletindo no incremento significativo obtido pela altura (Figura 1A).

A Figura 2 apresenta os valores médios de massa fresca foliar, do colmo, da raiz e total no final do experimento, para o teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a massa fresca das folhas (Figura 2A), os tratamentos S+F-, S-F+ e S-F- não apresentaram diferenças significativas entre as médias, evidenciando que o fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-) e via folha (S-F+), não afetou o incremento na massa fresca foliar das plantas, uma vez que no tratamento controle (S-F-), os valores médios permaneceram significativamente semelhantes.

Entretanto, o fornecimento de silicato de potássio via solo e na folha (S+F+), registrou valor médio significativamente menor em relação aos tratamentos S+F- e S-F+.

Figura 2 - Massa fresca foliar (A), do colmo (B), da raiz (C) e total (D) de plantas de milho verde em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio, obtidos no final do experimento.



*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P ≤ 0,05). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

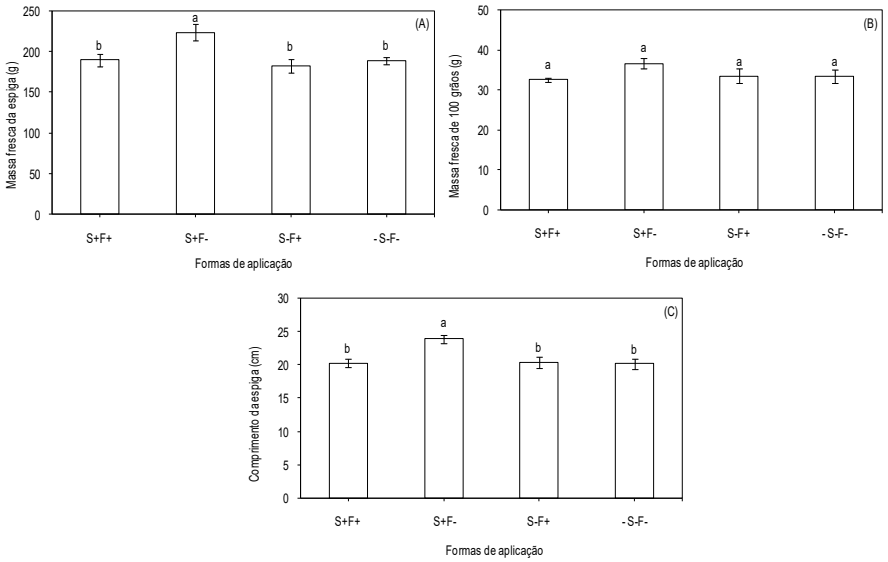
Para a massa fresca do colmo houve incremento significativo no tratamento com o fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-) em 26,5; 29,5 e 38,6% em relação aos tratamentos S-F+, S-F- e S+F+ (Figura 2B), evidenciando ser a forma de aplicação que beneficiou o crescimento caulinar.

Na Figura 2C são apresentados os valores médios da massa fresca da raiz. Observa-se que os tratamentos onde foi fornecido o silicato de potássio as plantas (S+F+, S+F- e S-F+), independente da forma de aplicação, não apresentaram diferenças significativas nas médias. No entanto, o tratamento com fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-), registrou média significativamente superior em 14,9% em relação ao tratamento controle (S-F-), confirmando ser a forma de aplicação que trouxe maior crescimento radicular.

Os valores médios obtidos para a massa fresca total estão apresentados na Figura 2D. Nota-se que no tratamento S+F- houve aumento significativo na massa fresca total em 12,6; 15,2 e 17,2% em relação aos tratamentos S-F+, S-F- e S+F+, respectivamente, o que evidencia que o fornecimento de silicato de potássio via solo promoveu maior crescimento das plantas de milho verde quando comparado com as demais formas de aplicação.

O rendimento produtivo do milho verde é apresentado na Figuras 3 (A-C). Observa-se para a massa fresca da espiga (Figura 3A), que houve incremento significativo no tratamento S+F- em 18,2; 15,4 e 15,3% em relação aos tratamentos S-F+, S-F- e S+F+, respectivamente, confirmando que o fornecimento de silicato de potássio via solo, favoreceu o rendimento produtivo das espigas em estádio leitoso. Apesar de não haver encontrado diferenças significativas na massa fresca de 100 grãos (Figura 3B), o fato de ter sido verificado crescimento significativo no comprimento das espigas pode ter contribuído para o maior rendimento na massa fresca (Figura 3C). Nota-se, que os resultados estatísticos encontrados para o comprimento das espigas foi significativamente similar ao da massa fresca das espigas (Figuras 3A e 3B), onde o fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-) favoreceu o comprimento das espigas em 15,1; 15,5 e 15,1% em comparação aos tratamentos S-F+, S-F- e S+F+, respectivamente.

Figura 3 - Massa fresca da espiga (A), de 100 grãos (B) e comprimento da espiga (C) de plantas de milho verde em diferentes formas de aplicação do silicato de potássio, obtidos no final do experimento.



*Médias dos tratamentos seguidas de letras diferentes na coluna representam que são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (P ≤ 0,05). Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Discussão

Segundo Liang, Sun e Si (2005), a utilização do Si como elemento benéfico pode ser uma estratégia promissora para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Observou-se, que o fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-), promoveu incrementos significativos em altura, no número de folhas, na massa fresca foliar, do colmo, da raiz, o que contribuíram para o acúmulo na massa fresca total das plantas. Miranda et al. (2018), estudando as maneiras de aplicação de agrosílício, via solo e foliar em milho, verificaram maior desempenho em altura nas plantas que receberam Si via solo aplicado de forma parcelada, semelhantes aos resultados obtidos no presente trabalho. Não houveram diferentes significativas para as formas de aplicação de silicato de potássio para o diâmetro do caule, o comprimento e a largura foliar e o número de nós, evidenciando que o Si não afetou essas características morfológicas.

Os aumentos significativos registrados na massa fresca foliar foi uma característica desejável no cultivo do milho verde, uma vez que a folha atua diretamente na formação de carboidratos, os quais são alocados para os órgãos vegetativos, levando a um maior crescimento da parte aérea da planta. Assim, o fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-) pode ter favorecido a alocação de carboidratos para o caule, promovendo um maior crescimento em altura, uma vez que o ácido monossilícico é transportado via fluxo transpiratório das raízes a parte aérea pelo xilema, podendo se acumular principalmente nos espaços intercelulares e nas paredes celulares, fortalecendo estruturas como o colmo. Dessa forma, podemos deduzir que possivelmente a diferença significativa encontrada na altura das plantas pode ser atribuída à maior retenção de água encontrada nos tecidos do colmo no tratamento S+F-, já que a turgidez celular pode aumentar o volume celular, levando a expansão do tecido.

O fornecimento de silicato de potássio via solo (S+F-) também pode indiretamente contribuir para incrementos na massa fresca da raiz. Segundo Büll et al. (1993), as raízes de monocotiledôneas como o milho apresentam baixa CTC radicular, tendo preferência por absorção de cátions monovalentes, como o potássio, auxiliando a um melhor aproveitamento do silicato de potássio. Além de seus benefícios para as plantas, o Si também pode interagir com outros nutrientes no solo, melhorando sua disponibilidade e absorção pelas plantas.

Para o rendimento produtivo verificou-se que o tratamento S+F- contribuiu para o incremento significativo na massa fresca e no comprimento da espiga. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Miranda et al. (2018), onde verificaram incrementos significativos no comprimento e no diâmetro das espigas com o fornecimento de agrosílico via solo de forma parcelada.

Conclusão

A aplicação de silicato de potássio via solo (S+F-) mostrou-se promissor para a cultura do milho verde, registrando aumentos significativos na altura e no número de folhas, além de contribuir para o incremento na massa fresca foliar, do colmo e das raízes, favorecendo o crescimento da planta, demonstrado pela massa fresca total. Houve incremento significativo no rendimento produtivo, evidenciado pelo comprimento e massa fresca da espiga.

Referências

BÜLL, L.T.; MELLO, A.F.; SOARES, E.; BOARETO, A.E. Influência da relação K/(Ca + Mg) do solo na produção de matéria seca e na absorção de potássio por gramíneas e leguminosas forrageiras: I. Absorção de potássio em função da espécie vegetal. **Cientifica**, v.21, p.55-66, 1993.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, 2016. 376p.

GUÉVEL, M. H.; MENZIES, J.G.; BÉLANGER, R. R. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. **European Journal of Plant pathology**, v 119, p. 429-436, 2007.

LIANG, Y. C., SUN, W. C., SI, J. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. **Plant Pathology**, v. 54, p. 678-685, 2005.

MIRANDA, P. S., MORAES, T. R., SANTOS, J. R. E., CARVALHO, F. D., VIANA, J. P., PÉREZ-MALUF, R. Aplicação de silício na cultura do milho. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2018.

OLIVEIRA, L. A (2009). Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.

OTHAMAN, N. N. C.; ISA, M. N. M.; ISMAIL, R. C.; AHMAD, M. I.; HUI, C. K. Factors that affect soil electrical conductivity (EC) based system for smart farming application. In: AIP conference proceedings, v. 2213. Melville: AIP Publishing, 2020.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, concedendo bolsas de iniciação científica aos alunos: Isabel Perazzoli (Edital n. 05-2025/2026-PIBIC-EM), Gustavo Zago (Edital n. 06-2025/2026-PIBIC), Laura Rigo (Edital n. 07-2025/2026-PIBIC-Af) e Isadora Berton Perosa (Edital n. 08-2025/2026-PIBITI).