

## AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE CALCÁRIO EM SOLO ARENOSO UTILIZANDO A PLATAFORMA DE PROTOTIPAGEM

Alisson Geraldo Alves Ferreira<sup>1</sup>, Wagner Henrique Moreira<sup>2</sup>, Wesley Tessaro Andrade<sup>3</sup>, Renan Antunes Ferreira<sup>4</sup>, Carlos Henrique da Silva<sup>5</sup>, Igor da Silva Dantas<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. alisson.ferreira@novaandradina.org

<sup>2</sup>Orientador, Doutor, Professor EBTT, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. wagner.moreira@ifms.edu.br

<sup>3</sup>Coorientador, Mestre, Professor EBTT, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. wesley.andrade@ifms.edu.br

<sup>4</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. renan.ferreira@novaandradina.org

<sup>5</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. carlos.silvahenrique@novaandradina.org

<sup>6</sup>Acadêmico do curso de Agronomia, Instituto Federal de Educação Ciências e Tecnologia de Mato Grosso do Sul. Bolsista PIBITI/IFMS. igor.dantas1502@hotmail.com

### RESUMO

A condutividade elétrica do solo (CE) apresenta relação com diversos atributos de solo, mas principalmente com indicadores de fertilidade do solo. Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do protótipo para avaliação de CE, utilizando um sensor de condutivímetro de baixo custo, baseado na plataforma de prototipação Arduino e relacionando a CE com pH e dose de calcário. Foi implantado um experimento em delineamento de blocos ao acaso com cinco tratamentos e cinco repetições de calagem, determinados a partir da análise de solo (T1 – testemunha ou 0 kg ha<sup>-1</sup>; T2 – 640 kg ha<sup>-1</sup>; T3 - 1270 kg ha<sup>-1</sup>; T4 - 1940 kg ha<sup>-1</sup>; e, T5 –2550 kg ha<sup>-1</sup>). Após aplicação e reação do calcário, foram avaliadas a CE e o pH. A CE avaliada pelo protótipo apresentou relação significativa com pH e com a dose do calcário, bem como a relação de pH com dose de calcário também foi significativa. Desta forma, o protótipo de baixo custo é prático para avaliação da CE, apresentou potencial e sua avaliação continuará em estudos futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calagem; Fertilidade do solo; Monitoramento.

### 1. INTRODUÇÃO

Os solos do Cerrado são caracterizados por sua baixa fertilidade natural, alto índice de acidez, elevadas concentrações de alumínio trocável tóxico as plantas, podendo limitar a produção agrícola (BERNARDI, 2003). Contudo, o emprego de corretivos e fertilizantes, aliado a boas práticas agrícolas permitem a superação dessas limitações (ARRUDA, 2018). A calagem se tornou um dos pilares para a sustentabilidade do meio agrícola, em função das alterações nos atributos do solo, com a elevação do pH, adição de cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e redução do alumínio tóxico (Al<sup>3+</sup>), interferindo diretamente no aumento da condutividade elétrica do solo (CE) e produtividade das culturas (CARMO, 2014).

Considerando que os atributos de fertilidade química e física do solo expressam grande variabilidade espacial e temporal, é importante o monitoramento constante. A CE, apresenta correlação com os atributos físicos e químicos do solo, principalmente com teor de argila, conteúdo de água, pH, saturação por bases, capacidade de troca de cátions e teores de vários nutrientes (KELLER, 2019).

A avaliação da CE pode apresentar elevada eficiência operacional (INAMASSU *et al.*, 2007), alta resolução da variabilidade espacial (CORASSA *et al.*, 2016) e permite, o mapeamento de zonas homogêneas de manejo (CORASSA *et al.*, 2016). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade do protótipo para avaliação de CE, utilizando um sensor condutivímetro de baixo custo, baseado na plataforma de prototipação Arduino e relacionando a CE com pH e dose de calcário.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS) - *campus* Nova Andradina-MS. Para implantação do experimento foi realizada coleta de solo de área sobre cultivo de pastagem, sem histórico de calagem, na profundidade de 0,2 m, posteriormente homogêneo e peneirado. Parte do solo foi encaminhado para análise de solo e o restante separados em vasos que constituíram as parcelas do experimento em delineamento de blocos ao acaso com 5 tratamentos de calagem, determinados a partir da análise de solo (T1 – testemunha ou 0 kg ha<sup>-1</sup>; T2 – 0,5 vezes a dose recomendada ou 640 kg ha<sup>-1</sup>; T3 - dose recomendada ou 1270 kg ha<sup>-1</sup>; T4 - 1,5 vezes dose recomendada ou 1940 kg ha<sup>-1</sup>; e, T5 – 2 vezes a dose recomendada ou 2550 kg ha<sup>-1</sup>). O experimento foi realizado com 5 repetições (25 amostras). As amostras, foram submetidas a irrigação semanalmente, simulando chuva de 20 mm.

Para o desenvolvimento do sistema foram utilizados os seguintes equipamentos: placa de prototipagem (Uno R3); duas hastes de aço galvanizado 8 mm fixadas separadas por 0,05 m em um cabo de material termoplástico tecnil (poliamida 6); resistor de 470 Ω; fio de duas vias; e notebook para alimentação do sistema. Uma das hastes foi ligada diretamente na porta Vcc (5 Volts) da placa de prototipagem. Outra delas foi ligado o resistor de controle (Rc) de 470 Ω em paralelo com as portas GND e Analógica (A0) Plataforma de prototipagem. Para determinação da CE foi fornecida tensão (V) de 5 Volts em uma das hastes, onde o solo apresenta resistência desconhecida (Rt) e está em série com o resistor de controle, com isso determina-se a queda de tensão (Vt) e corrente elétrica (I) que percorre o solo pelas Equações 1 e 2, respectivamente:

$$V_t = 5 - V_{rc} \quad (1)$$

$$I = V/R_c \quad (2)$$

em que: Vt – queda de tensão (volts); Vrc – tensão recebida (volts); I – corrente elétrica (A); V- tensão fornecida (volts); Rc – resistência do resistor de controle (Ω). A partir da queda de tensão e corrente elétrica com base na Lei de Ohm foi possível determinar a resistência elétrica (Rt) e a condutância elétrica (G), pelas Equações 3 e 4, respectivamente:

$$R_t = V_t/I \quad (3)$$

$$G = \frac{1}{R_t} = \frac{I}{V_t} \quad (4)$$

A condutividade (σ) é característica específica de cada material e depende de sua condutância elétrica e propriedades geométricas do condutor. A geometria do condutor é definida pela constante de célula (K) na Equação 5:

$$K = L/A \quad (5)$$

em que: L – comprimento do condutor ou distância entre eletrodos (cm); A – área transversal do condutor (cm). Desta forma, a CE é definida pela Equação 6:

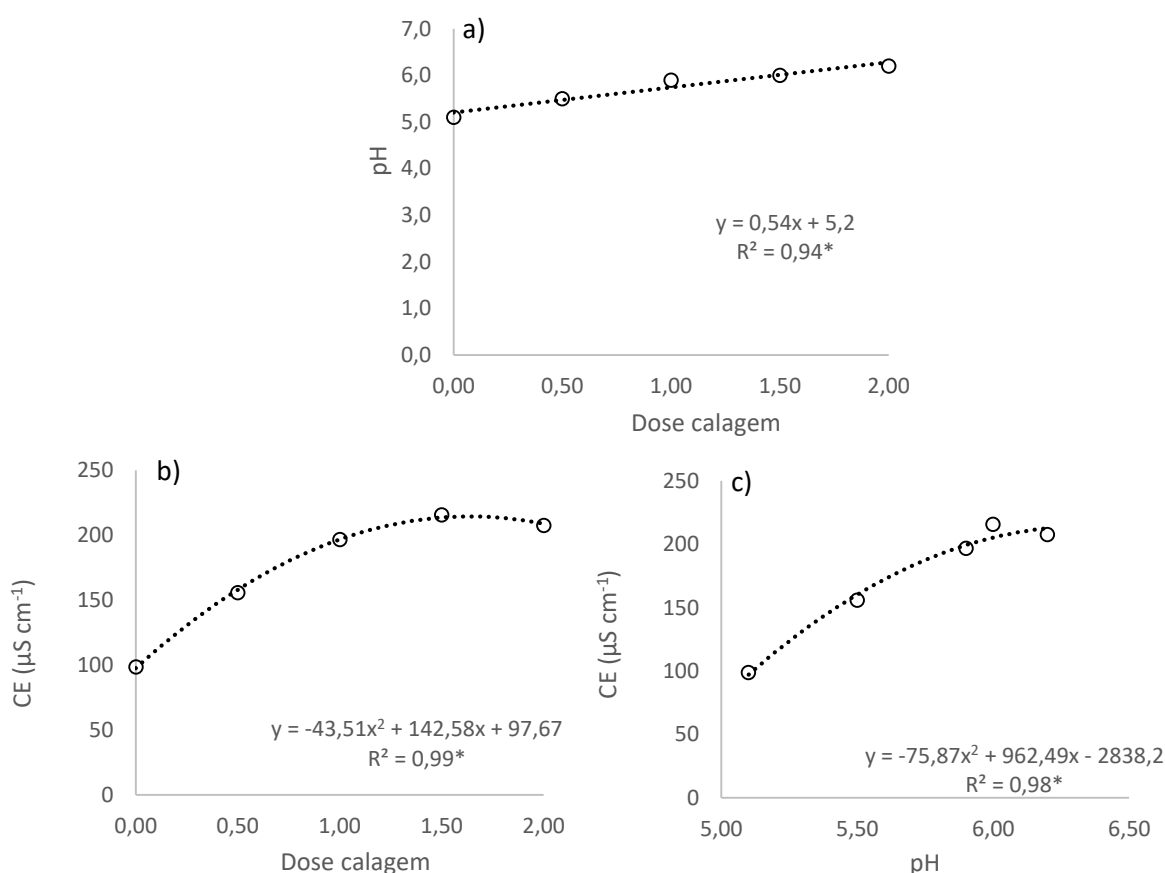
$$CE = G \cdot K \quad (6)$$

As leituras foram realizadas na camada de 0 a 0,05 m, pelo método resistivo de contato direto, o tempo de análise da CE foi de 3 min. Para mensuração do pH foram coletadas 5 amostras compostas de cada tratamento (120 dias após a aplicação), cada amostra composta formada por 5 subamostras de cada repetição, posteriormente foram encaminhadas ao laboratório para determinação dos atributos químicos.

Os dados obtidos de CE e pH foram tratados através do software estatístico Sisvar® (FERREIRA, 2014), submetidos a análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (p>0,05) e quando significativo realizou-se análise de regressão.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As doses de calcário aplicadas de forma crescente promoveram aumento significativo de pH (Gráfico 1a) e CE (Gráfico 1b). O pH apresentou correlação com a quantidade de calcário aplicado, ajustada pela equação linear, com coeficiente de determinação  $R^2$  de 0,94, que pode ser atribuído a neutralização dos íons hidrogênio ( $H^+$ ) por hidroxilas ( $OH^-$ ), e adição dos cátions cálcio ( $Ca^{2+}$ ) e magnésio ( $Mg^{2+}$ ), reação dos carbonatos de cálcio ( $CaCO_3$ ) e magnésio ( $MgCO_3$ ) no solo (CARMO, 2014). Ao mesmo tempo, o calcário atuou diretamente na elevação da CE de forma significativa, ajustada para equação quadrática, com  $R^2$  de 0,99. Assim, a relação entre CE e pH também foi significativa. Diversos trabalhos relatam interações semelhantes da CE com atributos de acidez do solo (CARMO, 2014; CORASSA *et al.*, 2016; KELLER, 2019).



**Gráfico 1:** Relação entre quantidade de calagem (0,5 = 0,64 t/ha; 1,0 = 1,27 t/ha, 1,5 = 1,94 t/ha e 2,0 = 2,55 t/ha) e pH (a), entre quantidade de calagem e condutividade elétrica (CE) (b) e entre pH e condutividade elétrica (CE) (c) avaliados 120 dias após calagem. \* indica que coeficientes da regressão foram significativos ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Dados da pesquisa

Estudando a condutividade elétrica do solo aparente (CEa) e sua relação com atributos de acidez e teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , sob aplicação de diversos níveis óxido de cálcio (CaO), Keller (2019) identificou que a CEa se correlacionou de forma positiva com pH,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , soma de bases e CTC. Carmo (2014), encontrou correlação positiva da CE com pH, V%,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , e  $Al^{3+}$ , sobre aplicação de níveis de calagem, estudados em sete solos de Minas Gerais.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A CE avaliada pelo protótipo apresentou relação significativa com pH e com a dose do calcário, bem como a relação de pH com dose de calcário também foi significativa. Desta forma, o protótipo de baixo custo é prático para avaliação da CE e apresentou potencial e sua avaliação continuará em estudos futuros.

#### REFERÊNCIAS

- ARRUDA, M. R. **Uso da terra, fertilidade do solo e degradação de pastagens: um estudo de caso em dois municípios no Cerrado brasileiro.** Tese (Doutorado em Ciências agrárias) -UFAM, Manaus, AM, 2018. Disponível em: [https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6813/2/Tese\\_MutiloArruda\\_PPGATR](https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6813/2/Tese_MutiloArruda_PPGATR). Acesso em: 15 jun. 2021.
- BERNARDI, A. C. C. *et al.* Correção do Solo e Adubação no Sistema de Plantio Direto nos Cerrados. **EMBRAPA SOLOS**, documentos 46, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/60852/1/doc-46-2003.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- CARMO, D. L. **Condutividade elétrica e sua relação com a fertilidade de solos tratados com corretivos e resíduos orgânicos.** 2014. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/handle/1/5116>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- CORASSA, G. M. *et al.* Espacialização em alta resolução de atributos da acidez de Latossolo por meio de sensoriamento em tempo real. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n. 9, set. 2016. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1101585/1/Tese>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, p. 109-112, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- INAMASSU, R. Y. *et al.* Sistema de Medida de Condutividade Elétrica do Solo Adaptado a um Implemento Agrícola (Subsolador). **EMBRAPA**, Circular técnica 40, São Carlos - SP, 2007. Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11028/1/CiT40\\_2007.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11028/1/CiT40_2007.pdf). Acesso em: 15 jun. 2021.
- KELLER, C. **Condutividade elétrica aparente como ferramenta de especialização com alta resolução de atributos do solo.** Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Santa Maria – RS, 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/17259/TES\\_PPGCS\\_2019\\_KELLER\\_CRISTIANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/17259/TES_PPGCS_2019_KELLER_CRISTIANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 15 de jun. 2021.