

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE EM SOLO ARENOSO SOB FERTILIZANTE CONVENCIONAL E DE LIBERAÇÃO CONTROLADA

Autores: João Victor Gomes Ramos, Lucas Antônio Galvão Lima, Maísa Martins de Oliveira, Isabelly Luiza Silva e Souza, Gustavo Rodrigues Martins De Moraes, Samuel de Assis Silva, Willian Bucker Moraes ¹.

¹ Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, S/N - Guararema, Alegre - ES, 29500-000, joagomesr12@gmail.com, lucasgalvaolima80@gmail.com, maisamartins20@gmail.com, isabelly.luiza.s@outlook.com, moraes.grm.geo@gmail.com, samuel.assilva@gmail.com, willian.fito@gmail.com.

Resumo

A eficiência do manejo da adubação nitrogenada em solos arenosos depende da fonte de fertilizante utilizada, visto que esses solos apresentam maior suscetibilidade à lixiviação de nutrientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar a condutividade elétrica aparente (CEa) do solo submetido à adubação com fertilizante convencional e com fertilizante de liberação controlada. O experimento foi conduzido em Alegre-ES, em delineamento em blocos casualizados, com parcelas de 2 m × 5 m. A CEa foi determinada com o condutivímetro portátil LandMapper ERM-01 (Landviser), e os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey a 5%. Os resultados mostraram que o fertilizante convencional apresentou valores mais elevados de CEa em algumas profundidades, refletindo maior disponibilidade imediata de íons, enquanto o fertilizante de liberação controlada apresentou valores mais uniformes ao longo do perfil. Conclui-se que o fertilizante de liberação controlada contribui para maior eficiência da adubação em solos arenosos, reduzindo perdas e promovendo sustentabilidade.

Palavras-chave: Agricultura. Fertilizante. Nitrogênio. Solo. Condutividade.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias / Agronomia.

Introdução

O manejo eficiente de nutrientes no solo é um dos principais desafios da agricultura moderna, especialmente em solos de textura arenosa, que apresentam maior suscetibilidade à lixiviação. Nesse contexto, os fertilizantes de liberação controlada têm ganhado destaque, pois permitem a disponibilização gradual de nutrientes, reduzindo perdas e melhorando a eficiência do uso do nitrogênio (Mikkelsen; Bruulsema, 2005; Trenkel, 2010). A liberação lenta promove maior sincronia entre a oferta de nutrientes e a demanda das plantas, o que pode resultar em maior produtividade e sustentabilidade nos sistemas agrícolas (Shaviv, 2001; Shoji et al., 2001).

A condutividade elétrica aparente (CEa) é uma técnica geofísica não destrutiva, utilizada para avaliar a variabilidade espacial e temporal dos atributos do solo. Essa medida se relaciona a características como textura, teor de umidade e concentração de íons na solução do solo, permitindo o monitoramento da dinâmica dos nutrientes de forma prática e eficiente (Corwin; Lesch, 2003; Grubbs et al., 2019). Dessa forma, a CEa tem sido apontada como ferramenta promissora para avaliar a solubilização de fertilizantes e auxiliar em estratégias de agricultura de precisão (Silva et al., 2021).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo comparar o comportamento da condutividade elétrica aparente do solo adubado com fertilizante nitrogenado convencional (T1) e fertilizante de liberação controlada (T2), utilizando dados obtidos por meio do equipamento LandMapper ERM-01 (Landviser).

Metodologia

O estudo foi conduzido no campo experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da Universidade Federal do Espírito Santo, em Alegre-ES (20°45'1.97" S, 41°29'17.02" W). O clima da região é classificado como subtropical úmido com inverno seco (Cwa), segundo Köppen e

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

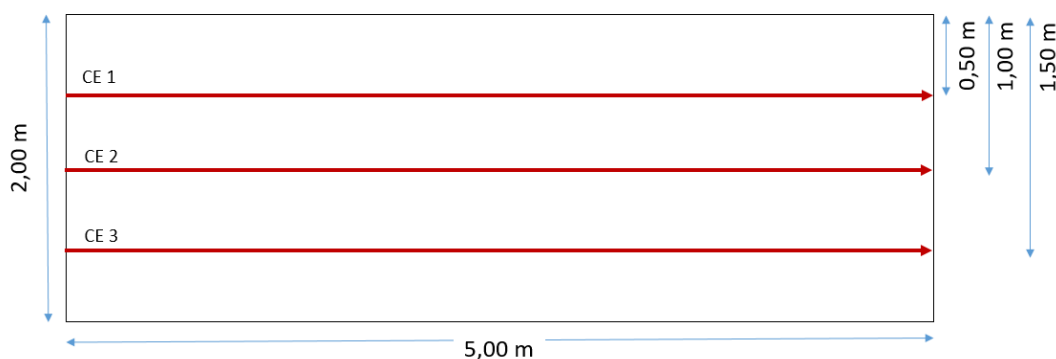
Geiger (1928), com precipitação média anual de 1.300 mm, temperaturas médias máximas e mínimas de 32 °C e 18 °C, respectivamente, e altitude de 129 m (INCAPER, 2022).

As parcelas experimentais apresentaram dimensões de 2 m × 5 m. Para este artigo, foram considerados dois tratamentos: fertilizante nitrogenado convencional (T1) e fertilizante nitrogenado de liberação controlada (T2), cada um com cinco repetições, totalizando 10 parcelas. As doses de fertilizantes foram ajustadas para fornecer a mesma concentração de nitrogênio em ambos os tratamentos, evitando variações adicionais. O fertilizante convencional foi aplicado em parcelamentos, enquanto o de liberação controlada foi aplicado em dose única.

A condutividade elétrica aparente (CEa) do solo foi determinada com o condutímetro portátil LandMapper ERM-01 (Landviser), utilizando arranjo Wenner-α, com espaçamento de 0,40 m entre dipolos, possibilitando leituras em cinco profundidades (n = 1 a 5). Os dados foram processados no software Res2DInv (Geotomo), gerando pseudo-seções bidimensionais.

A análise estatística foi conduzida por meio de análise de variância (ANOVA) e, quando houve significância pelo teste F ($p < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, restringindo-se à comparação entre os tratamentos T1 e T2.

Figura 1- Croqui das parcelas e perfis geoeletricos.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Tabela 1 - Concentração dos tratamentos utilizados.

	% N	% P	%K
Tratamento 1c	21	5	20
Tratamento 2*	25	6	14

sa: sem adubação; c: convencional e *: liberação controlada

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Tabela 2 - Classificação textural do solo da área de estudo.

Ensaio Textura	Areia Grossa %	Areia Fina %	Silte %	Argila %	Classificação Textural
Médias	71.43	14.11	5.57	8.89	Arenosa

Fonte: elaborado pelo autor (2025). A Metodologia utilizada para o ensaio de textura do solo foi Agitação lenta a 50 rpm por 16 horas, com agitador tipo Wagner; utilizou dispersante químico: NaOH 0,1 mol/L e determinação das frações silte e argila pelo método da pipeta (Teixeira et al., 2017).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Resultados

Tabela 3- Análise de Variância da CEa período de avaliação.

FV	GL	SQ	QM	F
TRAT	3	68.31	22.77	2.44 ^{ns}
NÍVEL	4	306.15	76.54	8.21*
TRAT x NÍVEL	12	67.73	5.64	0.61 ^{ns}
RESÍDUO	80	746.21	9.33	
TOTAL	99	1188.39		

Fonte: elaborado pelo autor (2024).

FV – Fonte de variação; GL – grau de liberdade; SQ – soma de quadrados; QM – quadrado médio; ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; * significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 - Teste de média entre “níveis” das variáveis que apresentaram F significativo ao nível de 5% de probabilidade.

NÍVEIS	1	2	3	4	5
CEa	3.77 b	6.78 a	3.83 b	2.56 b	1.57 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A avaliação da condutividade elétrica aparente (CEa) evidenciou diferenças significativas entre o fertilizante convencional (T1) e o de liberação controlada (T2). Em grande parte do perfil do solo, os valores de CEa foram estatisticamente semelhantes, mas em camadas intermediárias o tratamento T1 apresentou maior condutividade.

Esse resultado sugere que o parcelamento da adubação convencional proporcionou maior concentração de íons solúveis em determinadas profundidades, aumentando temporariamente a condutividade elétrica do solo. Por outro lado, o fertilizante de liberação controlada (T2) apresentou comportamento mais uniforme no perfil, sem picos expressivos em profundidades específicas.

Discussão

Os resultados demonstram que a adubação convencional promove uma liberação imediata de nutrientes, resultando em maiores valores de condutividade em determinados níveis do solo. Entretanto, esse efeito pode ser transitório e associado ao risco de lixiviação, principalmente em solos de textura arenosa, conforme apontado por Correa et al. (2006).

Em contrapartida, a liberação gradual do fertilizante revestido (T2) proporcionou valores mais homogêneos de CEa, indicando menor mobilidade dos íons e maior retenção no perfil, o que reforça sua eficiência no fornecimento contínuo de nutrientes. Esse comportamento está em concordância com estudos que destacam a sincronia promovida por fertilizantes de liberação controlada, favorecendo a sustentabilidade do manejo (Shaviv, 2001; Trenkel, 2010; Hoshino et al., 2024).

Portanto, a utilização da CEa como ferramenta de monitoramento mostrou-se eficiente para identificar diferenças no comportamento entre fertilizantes, confirmando seu potencial para auxiliar práticas de agricultura de precisão (Corwin; Lesch, 2003; Silva et al., 2021).

Conclusão

A avaliação da condutividade elétrica aparente indicou que o fertilizante convencional (T1) proporcionou maior disponibilidade imediata de íons em camadas específicas, enquanto o fertilizante de liberação controlada (T2) promoveu uma distribuição mais uniforme ao longo do perfil do solo. Assim,

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

a fonte de liberação controlada apresentou maior potencial para reduzir perdas por lixiviação e otimizar o manejo da adubação nitrogenada em solos arenosos.

Referências

CORREA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Risk of nitrate leaching from two soils amended with biosolids. *Water Research*, v. 33, n. 4, p. 453-462, 2006.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines. *Agronomy Journal*, v. 95, n. 3, p. 455-471, 2003.

GRUBBS, R. A. et al. Predicting spatial structure of soil physical and chemical properties of golf course fairways using an apparent electrical conductivity sensor. *Precision Agriculture*, v. 20, n. 3, p. 496-519, 2019.

HOSHINO, R. T. et al. Condutividade elétrica e frequência de aplicação de fertilizantes no crescimento da orquídea *Brassia verrucosa* Lindley. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 45, n. 1, p. 1-14, 2024.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Dados climáticos do município de Alegre-ES. Vitória: INCAPER, 2022.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimakarte der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

MIKKELSEN, R. L.; BRUULSEMA, T. W. Fertilizer use for horticultural crops in the U.S. during the 20th century. *HortTechnology*, v. 15, n. 1, p. 24-30, 2005.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, v. 71, p. 1-49, 2001.

SHOJI, S.; DELGADO, J.; MOSIER, A.; MIYAMOTO, T. Use of controlled release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 32, n. 7-8, p. 1051-1070, 2001.

SILVA, S. A. et al. Aplicação da condutividade elétrica aparente do solo em estudos de variabilidade espacial de atributos físicos e químicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, e0210113, 2021.

TEIXEIRA, Paulo Cesar et al. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017. 577 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>.

TRENKEL, M. E. *Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: an option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture*. 2. ed. Paris: International Fertilizer Industry Association, 2010.