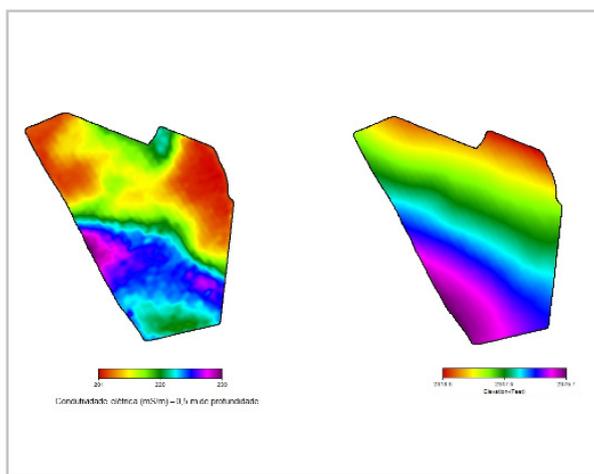


# INFORME GOIANO

## CIRCULAR DE PESQUISA APLICADA

### IMPORTÂNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO



#### Expediente:

Aurélio Rúbio Neto  
Editor-chefe  
Jacson Zuchi  
Editor-chefe substituto  
Tatianne Silva Santos  
Supervisora editorial  
Maria Luiza Batista Bretas  
Revisora gramatical  
Guilherme Cardoso Furtado  
Diagramador  
Cláudia Sousa Oriente de Faria  
Coordenadora de produção gráfica

#### Autores:

Alex Oliveira Smaniotto  
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde  
Tavvs Alves  
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde  
Gustavo Castoldi  
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde  
Victor Hugo Moraes  
Prisma Inteligência Agronômica  
Simério Carlos Silva Cruz  
Universidade Federal de Jataí  
Izamara Fonseca Tempesta  
Universidade Federal de Jataí  
Magno Gonçalves Braz  
Universidade Federal de Jataí

#### Justificativa e Relevância

Sensores para medições das características de solo em escala de campo e em tempo real podem facilitar o estudo e a documentação da variabilidade espacial das propriedades do solo (ALVES et al., 2013). Em específico, os sensores usados para medir a condutividade elétrica (CE) do solo pode determinar de forma eficiente e rápida alguns atributos de solos, tais como: salinidade, matéria orgânica, textura, conteúdo de água no solo, tamanho e distribuição dos poros.

A CE é a capacidade de um material em conduzir corrente elétrica (MOLIN & RABELLO, 2011). A condutividade elétrica aparente do solo ( $CE_a$ ) é um método bem-sucedido, rápido e de baixo custo para avaliar a fertilidade do solo (BRANDÃO & LIMA, 2002; SUDDUTH et al., 2005).

Esta circular técnica aborda a teoria básica para o uso de  $CE_a$ , os fatores que influenciam a coleta de dados, os prin-

cipais equipamentos utilizados na medida de  $CE_a$ , suas principais aplicações práticas e os custos.

#### Como interpretar os valores

Quanto maior for a quantidade de sais no solo, maior será a  $CE_a$ . A  $CE_a$  correlaciona-se positivamente com os teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$ , ou seja, quanto maior for a condutividade elétrica, maior será os teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$  (ANJOS & MATTIAZZO, 2000).

Os atributos físicos do solo, como argila e areia, também apresentam diferentes níveis de  $CE_a$  (LUND et al., 1998), maiores valores de  $CE_a$  são encontrados em áreas com maior teor de argila. Conforme pode ser observado na Figura 1 (A) as regiões em azul que apresentam maior porcentagem de areia, conseqüentemente, resulta em menor  $CE_a$ , enquanto que as regiões em azul na Figura 1 (B) contém maior teor argila apresentando maior  $CE_a$ .

# IMPORTÂNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

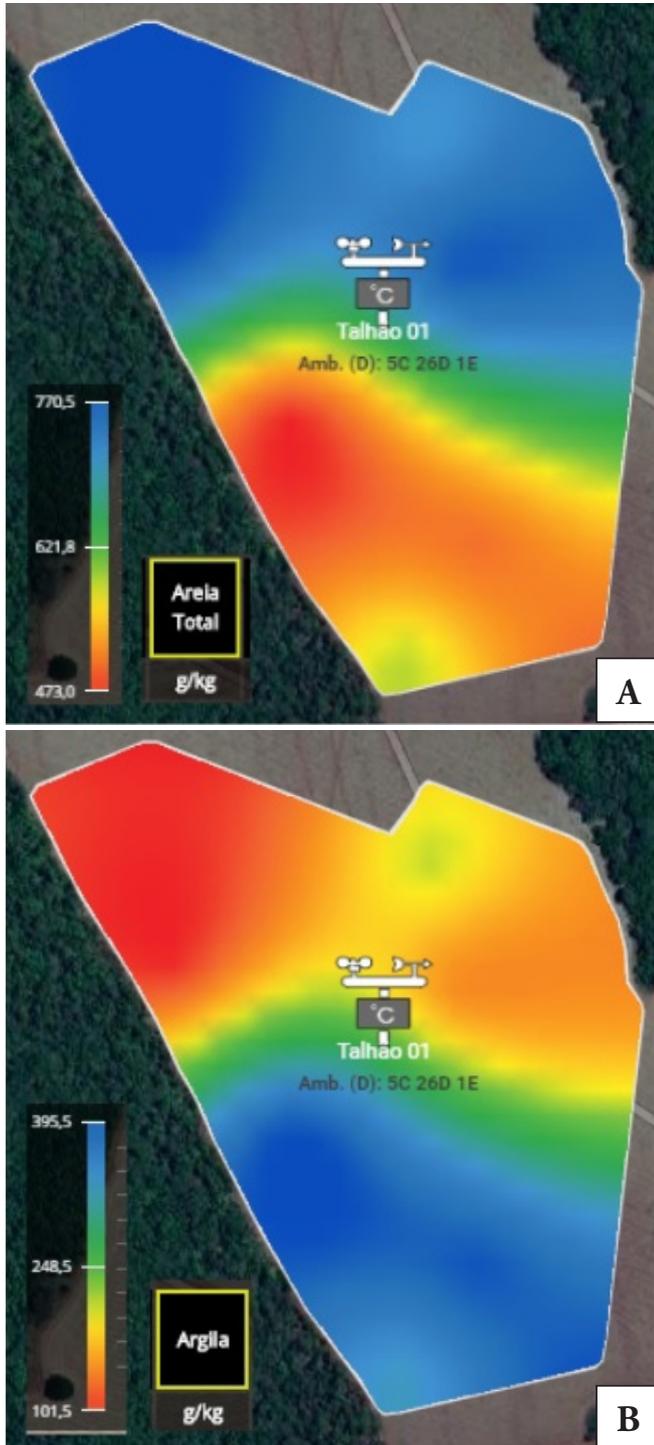


Figura 1. Mapas de superfícies das propriedades do solo: (A) teor de areia total e (B) teor de argila na camada de 0-5 cm.

## Fatores que influenciam na condutividade elétrica aparente do solo?

A  $CE_a$  é influenciada por várias propriedades físicas e químicas do solo (RABELLO et al., 2014), entre elas:

- I) Salinidade do solo;
- II) Porcentagem de saturação;
- III) Quantidade de argila;
- IV) Capacidade de troca de cátions;
- V) Matéria orgânica;
- VI) Temperatura.

A  $CE_a$  também pode ser influenciada pela porosidade do solo, formato e tamanho de poros, densidade, quantidade e composição dos colóides (CASTRO, 2004).

## Principais equipamentos de medida de condutividade elétrica?

Os dois principais equipamentos utilizados para determinar a  $CE_a$  são de contato direto (Figura 2 A) e o sistema de indução eletromagnética (Figura 2 B) (RHOADES & CORWIN, 1984).



Figura 2. Sistema utilizado para determinar a condutividade elétrica aparente no solo: contato direto (A) e por indução eletromagnética (B).

## IMPORTÂNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

O sistema por contato direto penetra no solo, geralmente utilizando como eletrodos de fluxo de corrente elétrica e discos de corte lisos. O espaçamento entre os eletrodos determina a profundidade da avaliação desse tipo de sistema (MOLIN & RABELLO, 2011).

A indução eletromagnética é uma técnica para medir a  $CE_a$  sem contato com o solo, ou seja, é um método de amostragem não destrutiva (MOLIN & RABELLO, 2011). A condutividade elétrica é determinada a uma profundidade vertical de cerca de 1,5 m e de aproximadamente 0,3 m na posição horizontal (MOLIN et al., 2005).

### Principais aplicações da condutividade elétrica aparentem do solo

A principal aplicação da  $CE_a$  é para o mapeamento dos índices de salinidade dos solos (Figura 3). As zonas de coloração roxa e azul apresentam maior  $CE_a$  (239 e 230 mS/m, respectivamente), ou seja, maior concentração de sais e teor de argila ( $396,5 \text{ g kg}^{-1}$ ). Enquanto que as zonas em vermelho e amarela apresentam menor concentração de sais (201 e 210 mS/m, respectivamente) e argila ( $101,5 \text{ g kg}^{-1}$ ).

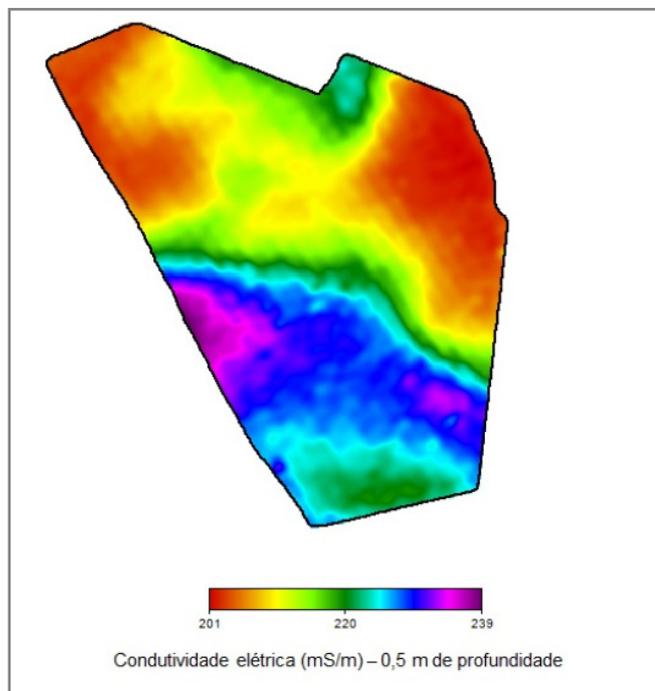
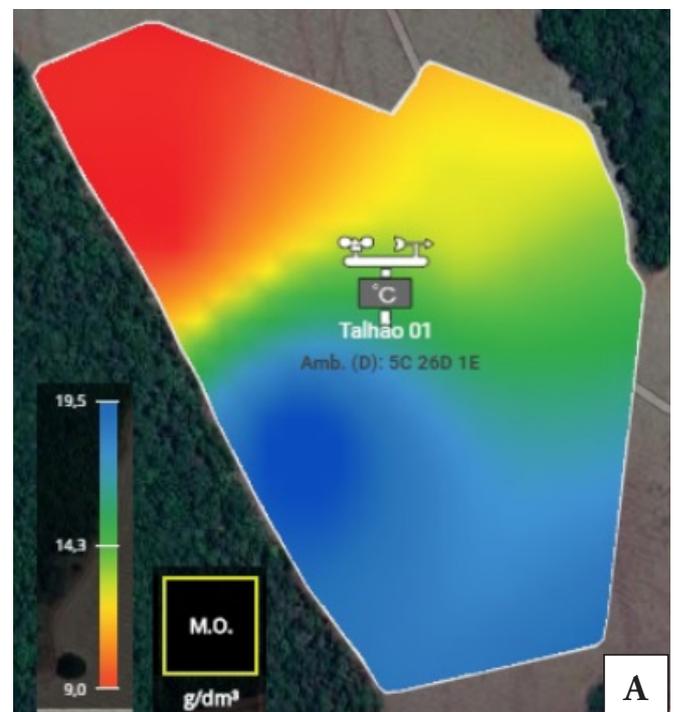


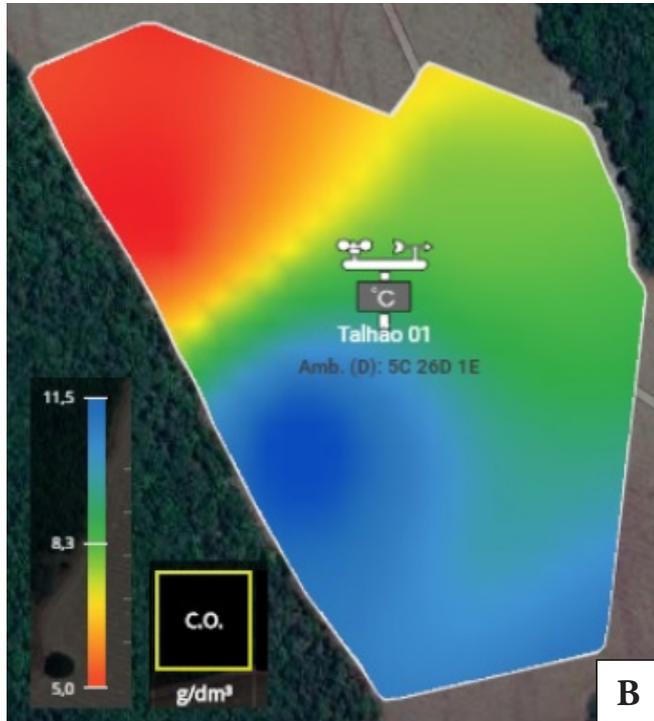
Figura 3. Mapas de superfícies da condutividade elétrica aparente do solo na camada de 0-5 cm.

Estudos realizados por Machado et al. (2006) comprovaram que solos com teores mais elevados de argila conduzem mais eletricidade do que aqueles de textura mais arenosa. O mapeamento da  $CE_a$  é uma ferramenta que também tem sido utilizada para estimar a textura do solo (McBride et al., 1990; Lund et al., 2001).

Áreas com maior teor de matéria orgânica (Figura 4A) e carbono orgânico total (Figura 4B) apresentam maior  $CE_a$ . Barros et al. (2005) ao estudar as características químicas do solo, sob influência da adição da água residuária da suinocultura, constataram que a maior mineralização da matéria orgânica, promoveu, aumento de íons em solução, incrementando, assim, a  $CE_a$ .

Benites & Mendonça (1998), durante a avaliação das propriedades eletroquímicas de um solo influenciada pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica, detectaram que a adição dos adubos orgânicos ao solo provocou aumento linear da  $CE_a$  em decorrência da disponibilidade de quantidades apreciáveis de sais.

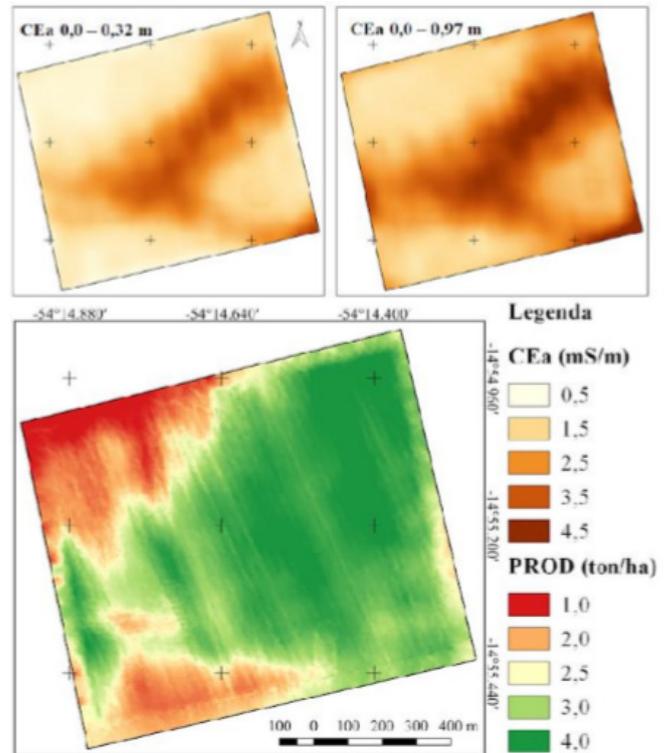




**Figura 4.** Mapas de superfícies do teor de matéria orgânica (A) e carbono orgânico (B) na camada de 0-5 cm.

Flores et al. (2018), ao avaliar a  $CE_a$  correlacionada com a produtividade do algodão (Figura 4), observaram que de forma geral, as zonas com maior  $CE_a$  promoveram maiores produtividade na cultura do algodão.

Entretanto, Cavalcante et al. (2010) mencionam que valores muito elevados da  $CE_a$  podem ser prejudiciais para as plantas. Valores muito elevado da  $CE_a$ , promoveram a intensificação do efeito deletério do acúmulo de sais no substrato, inibindo o crescimento e desenvolvimento vegetativo de plantas de crisântemo.



**Figura 5.** Mapas de superfícies da condutividade elétrica aparente do solo na camada de 0-32 cm e 0-97 cm e produtividade do algodão em função da  $CE_a$  (PROD) na safra 2015/16. Foto: Flores et al., 2018.

## Custos

O custo do mapeamento da  $CE_a$  é em torno de 45,00 reais  $ha^{-1}$ , porém, depende do tamanho da área que será realizada a mensuração, a localização, o tamanho do grid, a quantidade de pontos que serão amostrados por hectare, e quais informações o produtor deseja obter do seu talhão.

## Considerações finais

Portanto, o mapeamento da  $CE_a$  é uma ferramenta que pode auxiliar tanto os produtores, quanto os agrônomos na tomada de decisão, aumentando a assertividade no manejo da adubação, em função de ampliar o conhecimento da variabilidade espacial dos atributos físico-químico do solo, porém, não é possível dispensar a amostragem de solo, visto que, é necessário ter o conhecimento da concentração de cada nutriente no solo. Ela se apresenta como uma forma de complementação da informação obtida com a análise de amostras do solo em laboratório. Os resultados obtidos neste estudo com o uso dessa tecnologia são bastante promissores, pois indicam elevada relação da  $CE_a$  com os atributos físico-químico do solo, no qual, as zonas

# IMPORTÂNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

onde são observados os valores mais elevados da  $CE_a$ , resultarão no aumento da produtividade das culturas.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal Goiano- Campus Rio Verde. Agradecemos a Universidade Federal de Jataí. Agradecemos a Prisma Inteligência Agronômica.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. M. F.; ALCÂNTARA, G. R.; REIS, E. F.; QUEIROZ, D. M.; VALENTE, D. S. M. Definição de zonas de manejo a partir de mapas de condutividade elétrica e matéria orgânica. **Biosciencia Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 104-114, 2013.

ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 927-938, 2000.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 47-51, 2005.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de diferentes fontes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 215-221, 1998.

BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na chapada em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 3, p. 46-56, 2002.

CASTRO, C. N. **Definição de unidades gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-química**. 2004. 142 f. Dissertação (Mestre em agronomia, área de concentração: máquinas agrícolas)

- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAVALCANTE, M. Z. B.; PIVETTA, K. F. L.; CAVALCANTE, Í. H. L.; CAVALCANTE, L. F.; BELLINGIERI, P. A.; CAMPOS, M. C. C. Condutividade elétrica da solução nutritiva para o cultivo do crisântemo em vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 747-756, 2010.

FLORES, J. P. M.; DALMOLIN, R. S. D.; HORST, T. Z.; BUENO, J. M. M.; ROSIN, N. A. Condutividade elétrica aparente do solo correlacionada com a produtividade de culturas. In: XII REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO; 2018; Xanxerê. **Anais...** SBCS, Xanxerê, 2018.

INTELIAGRO. Condutividade Elétrica Aparente ( $CE_a$ ) do solo: o que é, como medir e para que serve?. 2018. Disponível em: <<https://www.inteliagro.com.br/condutividade-eletrica-aparente-cea/>>. Acesso em: 20 de junho de 2020.

LUND, E. D.; COLIN, P. E.; CHRISTY, D.; DRUMMOND, P. E.; Applying soil electrical conductivity technology to precision agriculture. In: International Conference on Precision Agriculture, 4., St. Paul, 1998. MN. Proceedings, st. Paul: ASA/ CSSA/SSSA, 1998. p. 1089-1100.

LUND, E.D.; WOLCOTT, M.C.; HANSON, G.P. Applying nitrogen site-specifically using soil electrical conductivity maps and precision agriculture technology. **Scientific World**, v.1, p. 767-776, 2001. Supplement 2.

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; VALENCIA, L. I. O.; MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; SILVA, C. A.; ANDRADE, A. G.; MADARI, B. E.; MEIRELLES, M. S. P. Mapeamento da condutividade elétrica e relação com a argila de Latossolo sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 1023-1031, 2006.

McBRIDE, R.A.; GORDON, A.M.; SHRIVE, S.C. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, p. 290-293, 1990.

## IMPORTÂNCIA DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA APARENTE DO SOLO

MOLIN, J. P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; SCHMIDHALTER, U.; HAMMER, J. Mensuração da condutividade elétrica do solo por indução e sua correlação com fatores de produção. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.25, p. 420-426, 2005.

MOLIN, J. P.; RABELLO, L. M.; Estudos sobre a mensuração da condutividade elétrica do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, p. 90-101, 2011.

RABELLO, L. M.; BERNARDI, A. C. C.; INAMASU, R. Y. Condutividade elétrica aparente do solo. 2014. 10p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003471/condutividade-eletrica-aparente-do-solo>>. Acesso em: 25 de junho de 2020.

RHOADES, J. D. Electrical conductivity methods for measuring and mapping soil salinity. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.49, p. 232-242, 1993.

SUDDUTH, K. A.; KITCHEN, N. R.; WIEBOLD, W. J.; BATCHELOR, W. D.; BOLLERO, G. A.; BULLOCK, D. G. CLAY, D. E.; PALM, H. L. PIERCE, F. J.; SCHULER, R. T.; THELEN, K. D. Relating apparent electrical conductivity to soil properties across the north-central USA. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 46, p. 263-283, 2005



