

## Mapeamento da condutividade elétrica do solo como ferramenta para gerenciamento agrícola visando reduzir impactos ambientais.

Liese de Vargas Pereira<sup>1</sup>,  
Luciano Gebler<sup>2</sup>,  
Rosemary Hoff<sup>3</sup>,  
André Rodrigo Farias<sup>4</sup>,  
Gustavo Rodrigues Toniolo<sup>5</sup>

Universidade de Caxias do Sul/FAPERGS ([liesevargas@hotmail.com](mailto:liesevargas@hotmail.com))

<sup>2</sup> Embrapa Uva e Vinho ([lugebler@cnpuv.embrapa.br](mailto:lugebler@cnpuv.embrapa.br))

<sup>3</sup> Embrapa Uva e Vinho ([rosehoff@cnpuv.embrapa.br](mailto:rosehoff@cnpuv.embrapa.br))

<sup>4</sup> Embrapa Uva e Vinho ([afarias@cnpuv.embrapa.br](mailto:afarias@cnpuv.embrapa.br))

<sup>5</sup> Universidade Federal de Santa Maria ([gustavo@cnpuv.embrapa.br](mailto:gustavo@cnpuv.embrapa.br))

### Resumo

O trabalho foi realizado a partir do mapeamento da Condutividade elétrica do solo (CE) em um Latossolo Vermelho distrófico por meio da utilização do equipamento VERIS 3100, em um pomar comercial de maças no município de Vacaria, RS. Os mapas gerados através do software Surfer, indicaram a existência de variáveis que diferem o solo quanto a suas características dentro de uma área tratada como homogênea. Essa variabilidade demonstra que usualmente são utilizados métodos e ferramentas inadequadas para o estabelecimento de unidades de gerenciamento do ambiente agrícola e seu conhecimento poderia reduzir o impacto ambiental gerado pela recomendação e manejo incorreto de insumos aplicados ao solo.

**Palavras chaves:** *condutividade elétrica do solo, unidades de gerenciamento, agricultura sustentável.*

### Abstract

*This work was performed from the mapping of soil electrical conductivity (EC) in an distrophic red Oxisol through the use of the equipment VERIS 3100 in an apple orchard in county of Vacaria, RS. The maps generated by Surfer software, indicated the existence of variables that differ from the soil and its characteristics within an area treated as homogeneous. This variability demonstrates that commonly used methods and tools are inadequate for the establishment of management units of the agricultural environment and their knowledge could reduce the environmental impact generated by the recommendation and management's incorrect inputs are applied to the soil.*

**Key words:** *electrical conductivity of soil management units, sustainable agriculture.*

# Mapeamento da condutividade elétrica do solo como ferramenta para gerenciamento agrícola visando reduzir impactos ambientais.

## Resumo

O trabalho foi realizado a partir do mapeamento da Condutividade elétrica do solo (CE) em um Latossolo Vermelho distrófico por meio da utilização do equipamento VERIS 3100, em um pomar comercial de maças no município de Vacaria, RS. Os mapas gerados através do software Surfer, indicaram a existência de variáveis que diferem o solo quanto a suas características dentro de uma área tratada como homogênea. Essa variabilidade demonstra que usualmente são utilizados métodos e ferramentas inadequadas para o estabelecimento de unidades de gerenciamento do ambiente agrícola e seu conhecimento poderia reduzir o impacto ambiental gerado pela recomendação e manejo incorreto de insumos aplicados ao solo.

**Palavras chaves:** condutividade elétrica do solo, unidades de gerenciamento, agricultura sustentável.

**Tema 1:** Gestão ambiental na agropecuária

## 1 Introdução

Os recursos da Terra são finitos, frágeis e não renováveis. Incluem o solo, que além de funcionar como base de apoio à vida animal e vegetal, auxilia também, na preservação da biodiversidade terrestre, na regulação do ciclo da água, no armazenamento e na reciclagem do carbono sendo importante principalmente para a agricultura.

A projeção de aumento da população mundial traz consigo a necessidade de produção crescente de alimentos, considerado o principal fator de pressão sobre os recursos do planeta. Isto coloca, muitas vezes, a agricultura como vilã.

Sabe-se que não se consegue atender essa demanda sem o uso de fertilizantes e outros produtos químicos, que aumentam a fertilidade do solo e combatem doenças e pragas, mas que ao mesmo tempo, contribuem para a degradação do solo e a poluição da água.

Em função da necessidade de minimizar esses impactos e continuar produzindo, novas técnicas estão sendo empregadas na agricultura, entre estas esta a criação de unidades de gerenciamento, subdividindo uma área, em subáreas homogêneas.

Porém, comumente não se utilizam ferramentas e critérios eficientes que permitam a correta delimitação dessas áreas, ignorando-se a variabilidade espacial presente, o que resulta em um tratamento homogêneo sem levar em consideração a variação físico-química do solo.

Neste sentido, o presente trabalho objetiva demonstrar que existe variabilidade em áreas tratadas como homogêneas, através da mensuração da condutividade elétrica do solo.

A condutividade elétrica do solo funciona como um indicativo direto da existência da de fatores que diferem o solo e que podem estar relacionado à umidade, material de origem, fatores da fertilidade, textura, entre outros aspectos.

É uma maneira relativamente fácil e rápida que pode servir como ferramenta de apoio na criação de talhões que possibilitem o manejo correto das áreas, aumentando a eficiência produtiva, reduzindo custos de produção e, sobretudo, minimizando possíveis impactos ao ambiente.

## 2 Referencial Teórico

A agricultura de precisão preconiza que o manejo das lavouras melhora ao ser conduzido baseado no conhecimento da variabilidade espacial da produtividade e dos fatores

a ela relacionados. Esses fatores podem ser tratados pontualmente ou as lavouras podem ser divididas em unidades de gerenciamento diferenciado, as quais se constituem em áreas com menor heterogeneidade (MOLIN; MENEGATTI, 2002). Porém, unidades de gerenciamento definidas de forma equivocada podem não trazer nenhuma vantagem no tratamento uniformizado da lavoura (FRIDGEN et al., 2000).

Com o intuito de determinar essas unidades de gerenciamento, vários métodos têm sido propostos, envolvendo mapeamento da produtividade, da topografia, de imagens do dossel das culturas, das propriedades físico- químicas do solo e de outras. Em anos recentes, a condutividade elétrica do solo tem sido proposta como uma maneira alternativa de se avaliar a variabilidade espacial deste, e a partir dela definirem-se as zonas de manejo em uma área. (CASTRO, 2004)

A CE funciona como um indicador no monitoramento de características do solo, como salinidade, textura e estratificação, umidade, densidade, matéria orgânica e derivados, CTC, lixiviação, partição de doses de herbicidas, definição de bordas em classificação de solos, classes de drenagem, recarga de lençol freático, entre outras (MOLIN; RABELLO, 2011).

A fertilidade do solo para ser avaliada, necessita de técnicas de amostragem, porém a coleta de amostras tem o inconveniente de destruir a estrutura do solo, além disso, é limitada no tempo e no espaço, uma vez que seus resultados representam uma condição iônica referente apenas ao momento e ao volume de solo em que foi realizada (SANTANA, 2006).

Neste sentido a mensuração da CE é uma forma rápida e barata que pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias agronômicas específicas para essas áreas, sujeitas a combinações únicas de fatores limitantes da produtividade das culturas, o que permite um gerenciamento mais preciso das quantidades de insumos a serem aplicadas nelas podendo aumentar produtividade e reduzir impactos ambientais (MOLIN; CASTRO 2006).

Quando não se definem bem essas áreas, a forma de manejo e as culturas escolhidas podem modificar grandemente as quantidades e disponibilidade de elementos químicos no solo, suas propriedades físicas e ainda seus componentes biológicos.

A utilização de fertilizantes inorgânicos além do que a planta necessita aumenta a disponibilidade dos elementos no sistema solo-água, levando a desequilíbrios no ambiente, além de poder acarretar a diminuição da qualidade biológica do vegetal (GOMES et al, 2010)

A adubação fosfatada causa variações químicas no perfil do solo, devido ao acúmulo de fósforo próximo à superfície que pode ser transportado em maior proporção por escoamento superficial podendo causar eutrofização artificial que estimula a proliferação de algas, gerando acúmulo de matéria orgânica e reduzindo a quantidade de oxigênio dissolvido (COREL, 1998).

O nitrogênio pode causar uma acidificação residual apenas no local de aplicação do fertilizante, cujo grau e profundidade dependem da fonte e da dose ou pode ser incorporado aos lençóis e cursos d'água, principalmente, pela lixiviação (AZEVEDO, 2004).

O maior problema dos adubos orgânicos, principalmente os gerados por resíduos urbanos e industriais, é que podem conter elementos desconhecidos além de metais pesados.

O excesso de sódio resulta na destruição da estrutura do solo, que, devido à falta de oxigênio, se torna incapaz de assegurar o crescimento das plantas e a vida animal.

A elevada concentração dos íons potássio ( $K^+$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), cloreto ( $Cl^-$ ), sulfato ( $SO_4^{2-}$ ), carbonato ( $CO_3^{2-}$ ), bicarbonato ( $HCO^-$ ) e sódio ( $Na^+$ ) pode provocar a salinização que aumenta a impermeabilidade das camadas profundas do solo, reduz a fertilidade, destrói sua estrutura e causa compactação e a aglomeração dos agregados (COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPÉIAS, 2009).

Em vista de todos os impactos ambientais que o manejo incorreto de fertilizantes causa ao solo, a definição de áreas de manejo utilizando ferramentas como sensores de CE do

solo ajudam orientar a coleta de amostras do solo, garantindo uma análise mais precisa do que realmente é necessário aplicar.

A adoção de maior precisão no manejo adequado do solo contribui para a melhoria das atividades agrícolas, sem agressão ao meio ambiente, mantendo o potencial produtivo das culturas e a eficiência dos insumos aplicados (EMBRAPA, 2011).

Existe uma crescente conscientização de que a sustentabilidade da exploração agrícola só é possível a partir da utilização de técnicas ambientalmente corretas, portanto, a determinação adequada das doses de fertilizantes é um passo importante, pois devem levar em conta não só a produtividade e o retorno econômico, mas também a preservação da capacidade produtiva do solo ao longo dos anos (TOMÉ, 2004).

### 3 Material e métodos

Este trabalho faz parte do projeto da Rede de Agricultura de Precisão para a Sustentabilidade de Sistemas Produtivos do Agronegócio Brasileiro desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2011).

Foi realizado o mapeamento da **condutividade elétrica do solo** (CE) obtida por meio de equipamento **VERIS** (Veris Technologies, EUA) em talhão de um pomar comercial de maça localizado no município de Vacaria, RS entre os dias 20 e 22 de dezembro de 2011.

O equipamento VERIS 3100 consiste de seis discos rotativos, dispostos lado a lado num eixo que entra em contato com o solo. O equipamento foi acoplado a um trator e arrastado nas entrelinhas do pomar de 20 hectares.

Os dois discos intermediários emitem uma corrente elétrica, enquanto a diferença de potencial que ocorre no campo eletromagnético gerado no solo é detectada pelos outros dois discos internos e os dois discos externos.

O par de discos internos quantifica a CE de 0 e 40 cm, já o par de discos externos faz a leitura de 0 e 80 cm de profundidade do perfil do solo (Figura 1).

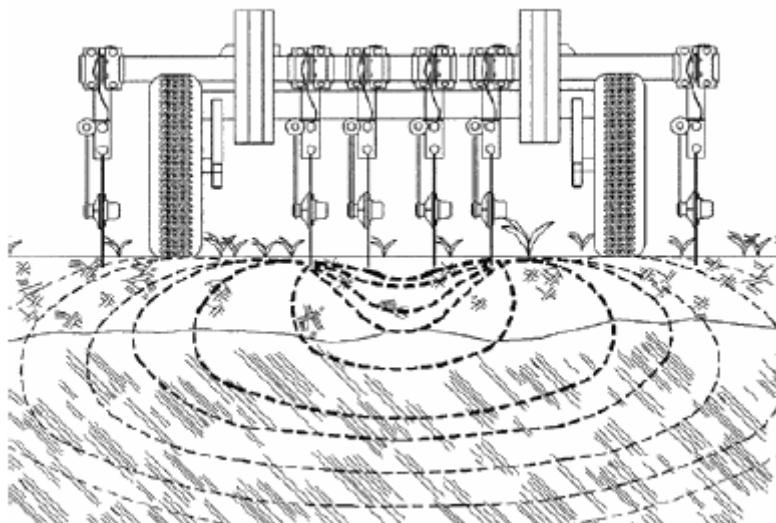


Figura 1: Representação de um condutivímetro de solo baseado em grade tratorizada e a ação dos campos elétricos (Fonte: Veris Technologies, 2011).

O sistema georreferencia as medições da CE com um receptor GPS e armazena os dados coletados a intervalos de um segundo em formato digital.

Após o fim do trabalho a campo os dados resultantes foram tratados no programa Surfer 9.11 (2009) que gerou mapas demonstrando a variação da CE do solo.

#### 4 Resultados e Discussão

O mapeamento da área demonstrou que existe variabilidade no solo, tanto na camada rasa (0-40 cm) quanto na mais profunda (40-80 cm) demonstrando que existem ao menos dois grandes grupos heterogêneos.

Na camada superior, a CE ficou entre 7-14 milisiemens por metro (Ms/m) no lado direito do terreno representado pela cor verde, enquanto mais a esquerda do terreno a CE ficou entre 14-21 Ms/m. Já na camada inferior os valores 0-7 Ms/m representados pela cor vermelha predominou, ocorrendo também em uma área considerável valores de 7-14 Ms/m (cor verde).

Nota-se que a CE do solo mostrou-se menor na camada mais profunda do solo, porém é difícil identificar as variáveis que determinam isso, devido à inviabilidade em se coletar amostras de solo de 40-80 cm de profundidade.

Pode-se sugerir que a variação das características da camada mais rasa tem a influência da ação antrópica, enquanto a camada mais profunda indica variabilidade relativa à gênese do solo e a seu material de origem.

Os valores da Condutividade elétrica do solo coletados pelo sensor podem ser visto na Figura 2.

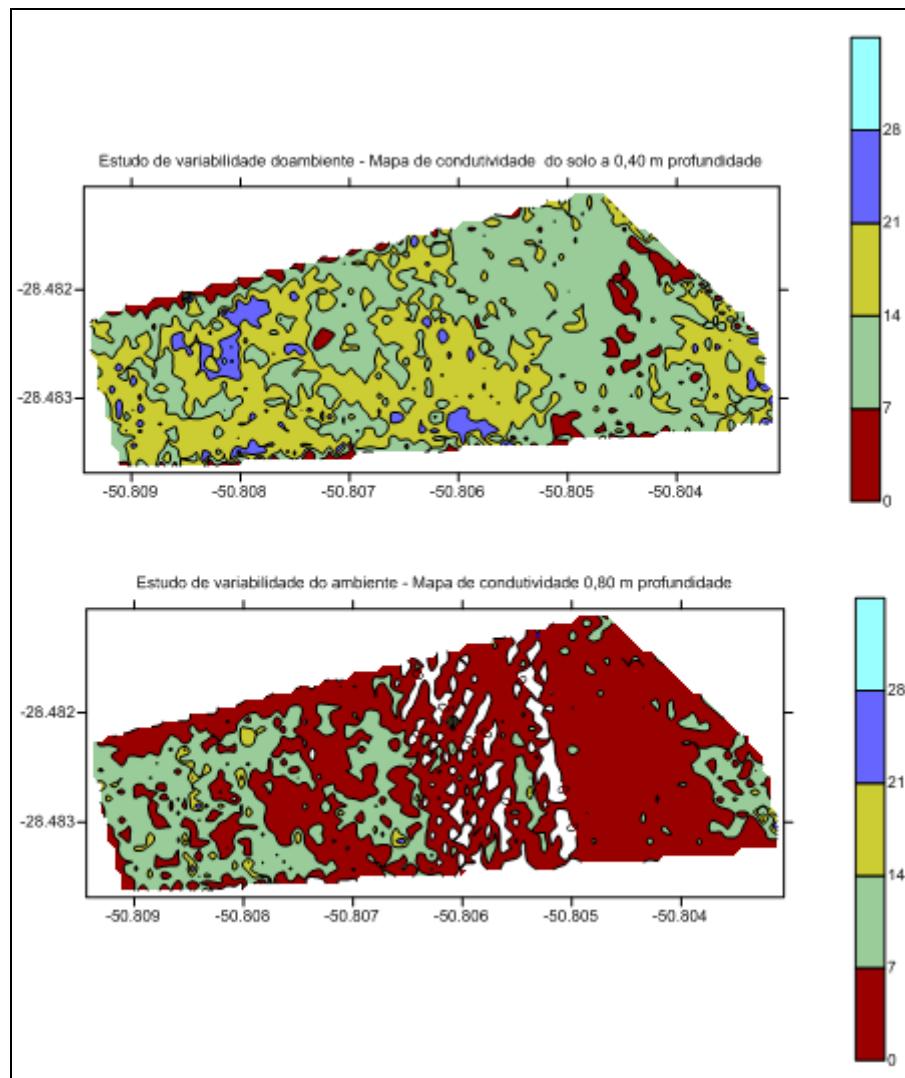


Figura 2: Exemplo de mapa de condutividade obtido a campo após o tratamento pelo software Surfer 9.11 (2009).

Trabalhos dirigidos por Benitez e Mendonça, (1998) e Oliveira et al (2002) demonstraram que a elevação do teor de carbono orgânico gera um aumento na CE nos solos.

Mome Filho et al. (2009) verificaram que onde os teores de K foram mais elevados os valores de CE também apresentaram-se altos. E mais baixos para a maior concentração de P e MO.

Segundo Hartsock et al. (2000), em relação as propriedades químicas, Ca e Mg trocáveis foram fortemente relacionado com a CE, além disso Molin e Rabello (2011) mostram que a CE responde às variações na textura do solo e nos seus teores de umidade.

Portanto os diversos estudos já realizados indicam que a condutividade elétrica do solo tem potencial para ser utilizada na obtenção de dados que dão indícios das características químicas e físicas do solo como uma solução de baixo custo, auxiliando no planejamento ambiental do sistema produtivo.

## 5 Conclusões

A CE do solo funciona como uma ferramenta que indica a heterogeneidade da área, porém não é capaz de identificar quais os fatores determinantes da resistência elétrica do solo.

A partir do mapa de variabilidade, há maior confiabilidade na execução de amostragens estratégicas e identificação de zonas homogêneas de manejo.

A utilização de tecnologias tais como equipamentos que quantificam a CE do solo podem ser um indicativo indireto da variabilidade permitindo a divisão da propriedade em áreas de gerenciamento ambiental.

A criação de zonas de manejo permitem a redução do impacto ambiental, através da orientação das práticas agronômicas que otimizam o uso dos insumos.

## 6 Referências

CASTRO, C.N. **Definição de unidades de gerenciamento do solo por meio da sua condutividade elétrica e variáveis físico-químicas.** 2004. 131p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

COMUNIDADES EUROPEIAS. **Salinização e sodificação.** Ficha normativa 4. 2009. Disponível em [http://soco.jrc.ec.europa.eu/documents/PTFactSheet-04.pdf\\_2009](http://soco.jrc.ec.europa.eu/documents/PTFactSheet-04.pdf_2009), acesso em 23/01/2012.

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

EMBRAPA. Sistema Embrapa de Gestão Macro- programa 1. 2011. Disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/institucionais/pesquisa-em-rede/folhetos/Agricultura%20de%20precisao.pdf>, acesso em 23/1/2012.

GOMES, M.A.F.; SOUZA, M.D.; BOEIRA, R. C.; TOLEDO, L. G. **Nutrientes vegetais no meio ambiente: ciclos biogeoquímicos, fertilizantes e corretivos.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 50 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 18).

HARTSOCK, N.J.; MUELLER T.G.; THOMAS, G.W.; BARNHISEL, K.L.; SHEARER, S.A **Soil Electrical Conductivity Variability.** 2000.. In. P.C. Robert et al. (ed.) Proc. 5th international conference on precision Agriculture.

MOLIN, J. P.; CASTRO, C. N.. Agricultura de precisão: Condutividade elétrica. Revista Cultivar Máquinas. p. 3. p. 8-11. 2006.

MOLIN, J.P., MENEGATTI, L.A.A. **Mapeamento da resistência elétrica do solo por sensor de contato.** 2o Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão. Viçosa, MG. 2002

MOLIN, J.P., RABELLO, L.M. **Estudos sobre mensuração da condutividade elétrica do solo.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.31, n.1, p.90-101. 2011.

MOME FILHO, E. A.; SILVA, R.B.; GIMENES, F. H. S.. **Medição expedita da condutividade elétrica do solo como parâmetro para a avaliação da produtividade na cultura do chá (*Camellia sinensis*).** In: XXI CIC, 2009, São José dos Campos. Anais do XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP. São José do Rio Preto: UNESP, 2009.

OLIVEIRA, F.C.; MATIAZZO, M.E. ; MARCIANO, C.R.; ROSSETTO, R. **Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana- de-açucar: Carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC.** R. Bras. Ci. Solo, 26:505-519, 2002.

SANTANA, G. S.; COELHO, E.F.; SILVA, T.S.M.; RAMOS, M.M. **Estimativa da condutividade elétrica da solução do solo a partir do teor de água e da condutividade elétrica aparente do solo.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.3, Dez. 2006.

TOMÉ JÚNIOR, J.B. **Uma nova abordagem nas recomendações de adubação.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2004. 133p. (Tese de Doutorado).

Veris Soil EC mapping. Disponível em Veris tecnologies web site:  
<http://www.veristech.com/>, acesso em 20/1/2012.