

MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DO SOLO POR SENSOR DE CONTATO¹

J.P. MOLIN² E L.A.A. MENEGATTI³

2º Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão
Viçosa, MG, 12 a 14 de junho de 2002

RESUMO: Este trabalho trata do desenvolvimento de um sensor de resistência elétrica do solo por contato. O sistema pode ser dividido em duas partes, o sensor propriamente dito, instalado em dois discos corta palha de uma semeadora de milho e o sistema de aquisição de posição. Com os dados coletados, foi elaborado o mapa de resistência elétrica de uma área agrícola e foram definidas zonas de manejo. As zonas de manejo definidas foram confrontadas com o mapa de produtividade. O sensor foi sensível à variação da resistência elétrica do solo e a definição de zonas de manejo com base no mapa de resistência elétrica do solo mostrou-se bastante coerente com o mapa de produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, variabilidade espacial, fatores de produção.

SOIL ELECTRICAL RESISTENCE MAPPING USING CONTACT SENSOR

ABSTRACT: This work deals with the development of a soil contact resistance sensor. The system may be split in two parts, the sensor, installed in two isolated coulters of a planter and the positioning system logger. With the data collected, the soil resistance map was created and management zones were defined. Those zones were compared to the yield map. The sensor showed to be sensible to the variations of soil resistance and the definitions of management zones based on soil resistance was coherent to the yield map.

KEYWORDS: Precision agriculture, spatial variability, yield factors.

INTRODUÇÃO: A agricultura de precisão preconiza que o manejo das lavouras pode ser melhor conduzido se a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores a ela relacionados forem conhecidos. Esses fatores podem ser tratados localizadamente ou as lavouras podem ser divididas em unidades de manejo diferenciado. As correlações existentes entre a variável dependente produtividade e os fatores de produção, normalmente relacionados aos componentes da fertilidade do solo, são muito baixas (MOLIN et al. 2001) e as tentativas de explicar os fenômenos locais com alguns poucos fatores são frustradas. ACOCK e PACHEPSKY (1997) consideram que o domínio das relações entre solo, planta e ambiente são melhor entendidas utilizando-se de ferramentas de modelagem. Porém, como o conhecimento das plantas não está suficientemente dominado, esses modelos ainda não respondem a contento. Além dos mapas de produtividade, outras investigações podem auxiliar na definição de unidades de manejo. JOHANNSEN et al. (2000) apresentam uma visão do uso combinado do sensoriamento remoto para obter índices de vegetação associados a outros recursos como a amostragem de solo em grade e condutividade elétrica do solo. Estudos com o uso da condutividade elétrica do solo têm apontado seu potencial para a mensuração de conteúdo de argila (WILLIAMS e HOEY, 1987), conteúdo de água (KACHANOSKI, 1988), capacidade de troca catiônica teores de cálcio e magnésio trocáveis (McBRIDE et al., 1990), profundidade de camada de impedimento (DOOLITTLE et al., 1994 e CLARK et al., 2000), teor de matéria orgânica (JAYNES et al., 1996), teor de sais da solução do solo (CAMINHA JUNIOR et al., 1998), dentre outros. O trabalho objetivou desenvolver um sensor de resistência elétrica do solo, utilizando os discos de corte de uma semeadora para semeadura direta como sensores, coletando dados numa área agrícola.

¹ Trabalho parcialmente financiado pela FAPESP

² Eng Agrícola, Prof. Dr. Depto. de Eng. Rural, ESALQ/USP. Av Pádua Dias, 11, CP09, Piracicaba, SP e-mail: jpmolin@esalq.usp.br

³ Eng. Agrônomo MSc., Depto de Eng. Rural, ESALQ/USP, e-mail: laameneg@hotmail.com

MATERIAL E MÉTODOS: O sistema desenvolvido pode ser dividido em duas partes funcionais, sendo a primeira o sensor de resistência do solo propriamente dita e a segunda um sistema de aquisição de posicionamento. O sensor de resistência elétrica pode ser visto esquematicamente na Figura 1. A alimentação do sistema foi feita por três baterias de 12 V em série, resultando em 36 V de potencial total. Um circuito estabilizador com a potência necessária foi desenvolvido para garantir voltagem constante de 24,1 V nos pólos do sensor. Como pólos, foram utilizados dois discos corta palha de uma semeadora de milho, separados por 0,7 m de distância. Os discos foram eletricamente isolados do chassi da semeadora para evitar interferências elétricas do trator. Uma resistência de 19,9 ohms foi conectada em série com o sistema de modo que a queda de tensão na resistência é proporcional à resistência do solo entre os discos corta palha, de acordo com a equação 1.

$$R_{solo} = \left(\frac{R_{resistor} * U_{total}}{VD} \right) - R_{resistor} \quad (1)$$

onde:

R_{solo} é a resistência do solo;

$R_{resistor}$ é a resistência do resistor utilizado;

U_{total} é a voltagem diferencial total;

VD é a voltagem diferencial através do resistor em série com a resistência do solo.

A queda de tensão foi medida com um coletor de dados Campbell CR 10X através de um programa desenvolvido para tal finalidade e gravada com frequência de 0,5 Hz. Junto com a queda de voltagem, foi coletada também uma coluna de tempo, utilizada para a junção do arquivo gerado pelo coletor de dados com o arquivo de posicionamento.

O sistema de aquisição de posicionamento foi montado com um DGPS de 8 canais com correção diferencial via satélite e um palm top, onde os dados foram gravados com frequência 1 Hz. Juntamente com as coordenadas geográficas, foi gravada também uma coluna de tempo. O mapa de resistência elétrica do solo foi montado em uma planilha eletrônica através da junção dos arquivos de posição e de resistência gerados pelos dois sistemas. Uma filtragem de dados foi feita de acordo com a metodologia proposta por Tukey (1977) para a retirada de dados discrepantes. Os dados restantes foram submetidos a uma análise de dependência espacial. Em seguida, os dados foram inseridos num sistema de informações geográficas (SIG) para a interpolação dos pontos por krigagem. Com base no mapa interpolado, foi feita uma tentativa de definição de zonas de manejo baseada no mapa de resistência elétrica do solo. Após a definição visual das zonas, foi calculada a resistência elétrica média dentro de cada uma das zonas definidas. O mapa de produtividade da cultura imediatamente anterior à coleta das informações de resistência elétrica do solo (soja) foi utilizado como comparação para a definição das zonas de manejo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O mapa de resistência elétrica produzido pode ser visto na Figura 2. Os valores de resistência elétrica medidos pelo sensor mostraram-se bastante consistentes com o histórico do talhão. As passadas paralelas mantiveram as tendências das linhas adjacentes, não ocorrendo grandes variações entre linhas vizinhas e paralelas. A Figura 3 mostra o semivariograma ajustados aos dados e a Tabela 1 mostra os parâmetros do semivariograma.

Tabela 1 – Parâmetros do semivariograma ajustado aos dados de resistência elétrica do solo.

Modelo	Pepita	Patamar	Alcance	c/c0+c	Validação Cruzada
esférico	33000	145800	13	0.774	0.381

A Figura 4 mostra o mapa interpolado por krigagem de resistência elétrica do solo. No mapa interpolado as tendências da resistência elétrica do solo ficam mais claras, evidenciando áreas com valores mais elevados e outras áreas com menores valores de resistência. De acordo com a teoria e os fatores determinantes da resistência elétrica do solo (a saber: umidade do solo, densidade, textura, capacidade de troca catiônica e salinidade), quanto menor a resistência elétrica, maiores são os fatores de produção. Assim, a Figura 5 mostra as áreas definidas com base na resistência elétrica do solo e o mapa de produtividade da soja colhida imediatamente antes da coleta de informações de resistência. As sub áreas definidas pela resistência elétrica do solo que apresentaram mesmo nível de resultados, também apresentaram mesmo nível de produtividade (Tabela 2). As sub áreas 1 e 4, que apresentaram

resistência elétrica inferior a 590 ohms apresentaram produtividade média de 3,48 t/ha, enquanto que a área com maior resistência elétrica (sub área 3) apresentou a menor produtividade média (3,43 t/ha). A exceção ocorreu com a sub área 2 que apresentou nível intermediário de resistência porém apresentou a maior produtividade média.

Tabela 2 – Resistência do solo e produtividade média para as sub áreas definidas.

Sub área	Resistência elétrica (ohm)	Produtividade (t/ha)
1	548,5	3,48
2	638,4	3,66
3	775,2	3,43
4	588,0	3,48

CONCLUSÕES: O sensor de resistência elétrica desenvolvido mostrou-se sensível às variações da resistência elétrica no solo. A metodologia utilizada para a coleta de dados foi satisfatória porém evidenciou a necessidade de maior desenvolvimento de coletores de informação, buscando um único aparelho que seja capaz de gravar as informações vindas do sensor e do GPS, de modo que não seja necessária a junção dos dados em planilhas eletrônicas. A definição de zonas de manejo com base no mapa de resistência elétrica mostrou-se coerente e maiores esforços no entendimento da dinâmica da relação entre resistência elétrica e produtividade poderão ajudar a explicar as variações ocorridas.

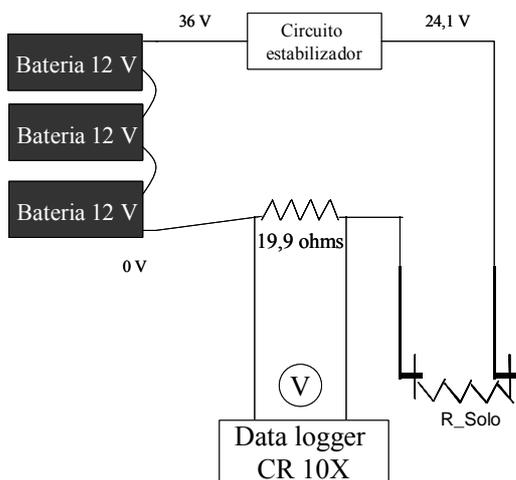


Figura 1 – Representação esquemática do sensor de resistência elétrica.

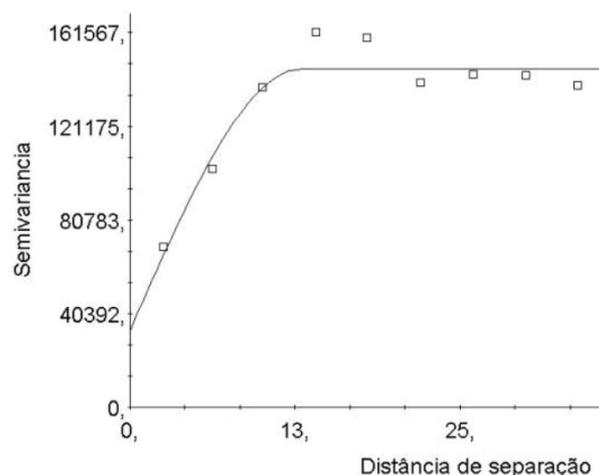


Figura 2 - Semivariograma ajustado aos dados de resistência elétrica do solo.

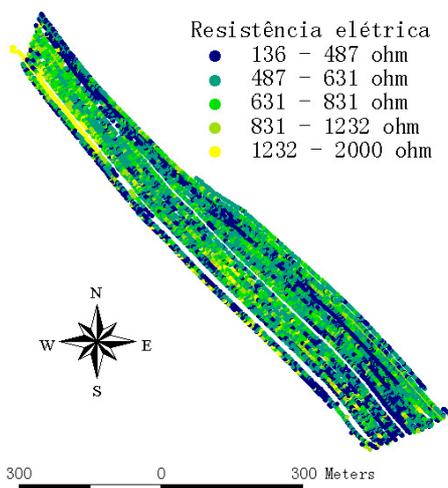


Figura 3 – Mapa de pontos de resistência elétrica do solo.

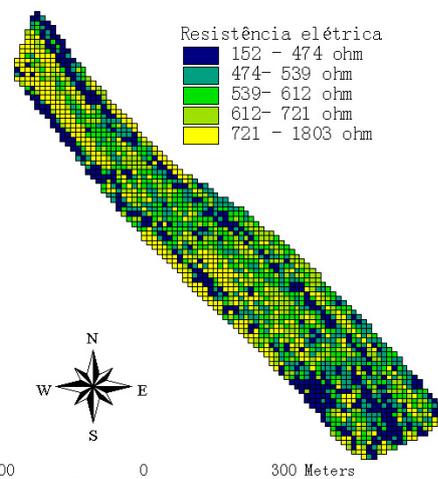


Figura 4 – Mapa de resistência elétrica do solo interpolado por krigagem.

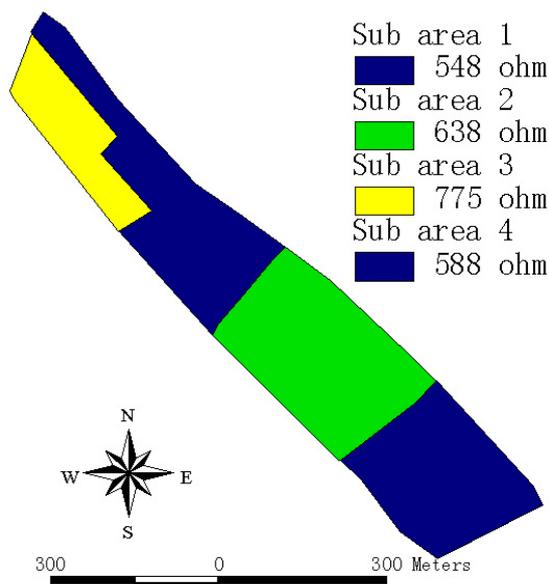


Figura 5 – Sub áreas definidas com base no mapa de resistência elétrica do solo.

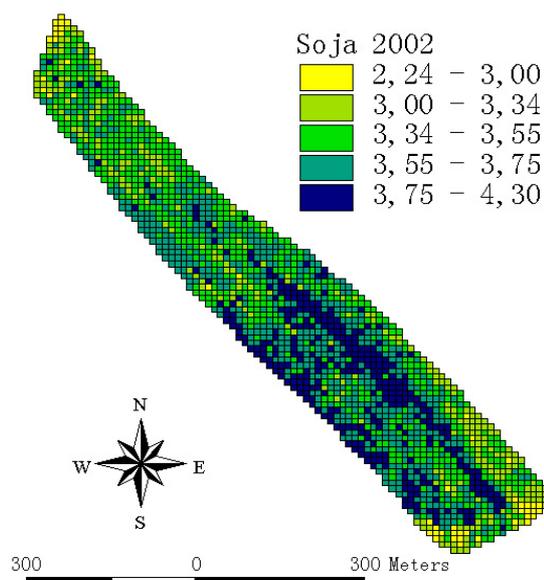


Figura 6 - Mapa de produtividade de soja produzido imediatamente antes da geração do mapa de resistência elétrica.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- ACOCK B., PACHEPSKY, YA. Holes in precision farming: mechanistic crop models. Precision Agriculture '97. Ed. J. Stafford, p.397-404. 1997.
- CAMINHA JUNIOR, I. C., SERAPHIM, O.J., GABRIEL, L.R.A. Caracterização de uma área agrícola irrigada com efluente agro-industrial, através de análises químicas e da resistividade do solo. Energia na Agricultura, Botucatu, v.13, n.4, p.40-54. 2000.
- CLARK, R.L., CHEN, F., KISSEL, D.E., ADKINS, W. Mapping soil hardpans with the penetrometer and electrical conductivity. Proc. of the 5th International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis. Ed. P.C. Robert. CD-Rom. 2000.
- DOOLITTLE, J.A., SUDDUTH, K.A., KITCHEN, N.R., INDORANTE, S.J. Estimaating depths to claypans using eletromagnetic induction methods. J. Soil and Water Cons. 49: 572-75. 1994.
- JAYNES, D.B. Improved soil mapping using electromagnetic induction surveys. Proc. of the 3rd International Conference on Precision Agriculture, Minneapolis. Ed. P.C. Robert, R.H. Rust and W.E. Larson. p. 169-179. 1996.
- JOHANNSEN, C. J.; CARTER, P. G.; ERICKSON, B. J.; MORRIS, D. K.; WILLIS, P.R. A cornucopia of agricultural applications. Space Imaging, Thornton, Jan/Fev, p. 22-23, 2000.
- KACHANOSKI, R.G., GREGORICH, E.G. , VAN WESENBECK, I.J. Estimating spatial variations of soil water content using noncontacting electromagnetic inductive methods. Can. J. Soil Sci, Toronto. 68:715-722. 1988.
- McBRIDE, R.A., GORDON, A.M., SHRIVE, S.C. Estimating forest soil quality from terrain measurements of apparent electrical conductivity. Soil Sci. Soc. Amer. J. 54:290-293. 1990.
- MOLIN, J.P., COUTO, H.T.Z., GIMENEZ, L.M., PAULETTI, V., MOLIN, R., VIEIRA, S.R. Regression and correlation analysis of grid soil data versus cell spatial data. Aprovado para apresentação na 3rd European Conference on Precision Agriculture – ECPA em Montpellier, 18-20.07.2001.
- WILLIAMS, B.G., HOEY, D. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of the salt and clay content of soils. Aust. J. Soil Res. 25:21-27. 1987.