

## SISTEMA DE MEDIDA DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO ADAPTADO A UM IMPLEMENTO AGRÍCOLA (SUBSOLADOR)

Ladislau Marcelino Rabello<sup>(1)</sup>, Ricardo Yassushi Ynamassu<sup>(2)</sup>, André Torre Neto<sup>(3)</sup>, José Paulo Molin<sup>(4)</sup>, Ariovaldo Luchiari Junior<sup>(5)</sup>, Mauricio dos Santos Simões<sup>(6)</sup>

### RESUMO

A agricultura de precisão é uma técnica de gerenciamento sistêmico e otimizado do sistema de produção através do domínio da informação, com a utilização de uma série de tecnologias e tendo como peça chave o posicionamento geográfico.

Uma das técnicas utilizadas em agricultura de precisão é a condutividade elétrica do solo, essa técnica tem um custo relativamente baixo comparado com técnicas de medida de outras grandezas agrônômicas.

Dois são os modelos que realizam medidas de condutividade elétrica do solo comercializados, um é o sistema VERIS 3000 de fabricação da Veris Technoleigs, o outro é o EM38 de fabricação da GEONICS Limeted.

A utilização destes sistemas requer equipamento e implementos próprios para seu uso, e sendo necessário fazer as medidas antes e depois do plantio, a finalidade deste trabalho é a adaptação de um implemento já de uso da propriedade agrícola para a medida de condutividade elétrica para montagem de mapas com o finalidade de estudos sobre a produtividade ou outros parâmetros possíveis em agricultura de precisão, reduzindo o tempo e custos com a utilização de instrumentos comerciais.

A adaptação se deu na escolha de um sistema subsolador, de propriedade da Usina São Martinho, parceira neste trabalho, devido ser um dos processos de manejo da preparação do solo para o plantio de cana.

Este processo consiste na passagem do subsolador para preparação do solo, em seguida o plantio, crescimento da massa vegetal e depois a colheita. Não é feito novo

---

<sup>1</sup> Dr, Eng. Eletricista - Embrapa Instrumentação Agropecuária – XV de Novembro 1452 – 13560-970 - São Carlos – SP – [rabello@cnpdia.embrapa.br](mailto:rabello@cnpdia.embrapa.br)

Dr, Eng. Mecânico - Embrapa Instrumentação Agropecuária – XV de Novembro 1452 – 13560-970 - São Carlos – SP – [ricardo@cnpdia.embrapa.br](mailto:ricardo@cnpdia.embrapa.br)<sup>2</sup>

<sup>3</sup> Dr, Eng. Eletricista - Embrapa Instrumentação Agropecuária – XV de Novembro 1452 – 13560-970 - São Carlos – SP – [andre@cnpdia.embrapa.br](mailto:andre@cnpdia.embrapa.br)

<sup>4</sup> Prof. Dr. – Eng. Agrônomo Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Piracicaba – SP – [jpmolin@esalq.usp.br](mailto:jpmolin@esalq.usp.br)

<sup>5</sup> Dr. – Eng. Agrônomo - Embrapa Meio Ambiente – Jaguariúna – SP – [luchiari@cnpma.embrapa.br](mailto:luchiari@cnpma.embrapa.br)

<sup>6</sup> Eng. Agrônomo -Usina São Martinho – Pradópolis – SP – [mauricio.simoes@usinasaomartinho.ind.br](mailto:mauricio.simoes@usinasaomartinho.ind.br)

plântio constantemente, pois após o primeiro corte e colheita, a cana volta a brotar e assim repetindo o ciclo durante aproximadamente 5 anos, só depois deste tempo é que é feito nova preparação e plantado novas mudas, onde novamente é usado o subsolador.

**PALAVRAS-CHAVE:** AGRICULTURA DE PRECISÃO, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA, SOLO, ADAPTAÇÃO, MAPA.

## **SUMMARY**

The precision farming is a technique for systemic managing and optimized of system of production through the field variability of information, using a range of technologies with the geographical position as important point.

One of the common techniques used in precision farming is the electrical conductivity of the soil; this technique is relatively low cost compared to other techniques for the measurement of magnitudes agronomicsoil chemical and physical propriety.

Two models are carrying out measures for the electrical conductivity of soil marketed. One, one of them is the system VERIS 3000 manufacturing of Veris Technologies and, the other is the EM38 manufacturing of GEONICS Limited.

The use of these systems requires equipment and implements suitable for its operation, and it takes do measures before and after planting.

The purpose of this work is the adaptation of an implement, already of work in the agricultural property, for measurement the soil conductivity electrical for assembly of maps, with purpose of studies on productivity or other parameters on precision farmer, reducing the time and costs.

The adjustment was made in choosing a system subsoiler, owned by Usina São Martinho, partner in this work, due to be one of the processes of management of the preparation of the soil for planting cane.

This process is composed by the passage of subsoiler for preparation of soil, then the planting, mass plant growth and after the harvest. No new planting is done constantly, because after the first cutting and harvesting the sugarcane again grown and so forth repeating the cycle for approximately 5 years., only after this period of time 6 to 7 year, the sugarcane is renewed that and it is done new soil preparation with and planted new seedlings, which is again, used the subsoiler.

**KEY-WORDS:** PRECISION AGRICULTURE, ELECTRIC CONDUCTIVITY, ADAPTATION, MAP.

## **INTRODUÇÃO:**

A realidade da agricultura de precisão está em considerar as variações espaciais e temporais dos diversos parâmetros envolvidos no processo de produção agrícola. No solo, o teor de nutrientes, o teor de matéria orgânica, o pH, a umidade, a profundidade de camadas compactadas, entre outros parâmetros, apresentam variações que podem atingir até uma ordem de grandeza de um local para outro ou de uma data para outra, na mesma área de produção. Toda a prática agrícola convencional está baseada em tratar o campo como homogêneo, ignorando tais variações. No manejo convencional, a informação para melhoria do processo de produção é obtida de umas poucas amostras dos parâmetros. A interpretação da informação assume um valor médio das amostragens. O uso da informação, ou seja, a aplicação de insumos (principalmente agroquímicos em geral) é uma constante baseada nessa média e independe da maior ou menor necessidade de cada ponto da aplicação.

No ciclo da agricultura de precisão, em seguida ao mapa de produtividade, a amostragem de solo é o principal passo para orientar o gerenciamento de um tratamento em sítios específicos. Entretanto, a amostragem em espaçamentos uniformes a cada 25 m é economicamente inviável em sistemas produtivos. Os mapas de condutividade elétrica do solo com resolução na ordem de 1 metro, apesar de não excluírem de amostras em laboratório, fornecem uma orientação para realizar amostragens estratégicas através de identificação de zonas homogêneas.

A condutividade elétrica do solo pode ser medida com equipamentos relativamente simples e com grande eficiência operacional. Portanto, essa técnica tem um custo relativamente baixo comparado com técnicas de medida de outras grandezas agrônômicas. Porém, a condutividade elétrica se correlaciona com múltiplos parâmetros químicos e físicos do solo, tornando medidas isoladas praticamente inúteis na maioria dos casos.

Em agricultura de precisão essa propriedade de múltipla correlação pode ser considerada até oportuna. Como a condutividade elétrica do solo se correlaciona com matéria orgânica, textura, capacidade de troca catiônica, nitrogênio, fósforo, potássio, pH entre outros, é possível investigar o grau de variabilidade desse conjunto de parâmetros com grande resolução espacial e, possível investigar o grau de variabilidade desse conjunto de parâmetros com grande resolução espacial e, possivelmente, traçar estratégias de amostragem do solo, LUCHIARI et. al. 2000, bem como orientar a análise para tratamento com taxa variada de insumos, CLARK et. al. 2000; MYERS et.

al. 2000; LUND 2000; LUND et. al. 1998. A aplicação desta técnica está sendo ampliada e orienta estratégias de diversos trabalhos na área de Agricultura de Precisão , MYERS et. al. 2000; REESE et. al. 2000; HARSTOCK et al. 2000.

Dois são os modelos que realizam medidas de condutividade elétrica do solo comercializados, um é o sistema VERIS 3000 de fabricação da Veris Technologieis, o outro é o EM38 de fabricação da GEONICS Limited.

O primeiro, VERIS, mede a condutividade elétrica através de um sistema de discos de arado em contato com o solo, o segundo mede a condutividade elétrica através de corrente elétrica induzida por bobinas mas sem contato com o solo, mostrando ambos resultados semelhantes, SUDDETH et al. 1999; HARSTOCK et al. 2000.

## MATERIAL E MÉTODOS:

### Princípio da medida de resistividade:

A medida da resistividade elétrica em geral consiste de em usar uma amostra de dimensões conhecidas, de forma retangular de preferência, conforme ilustrado na figura 1.

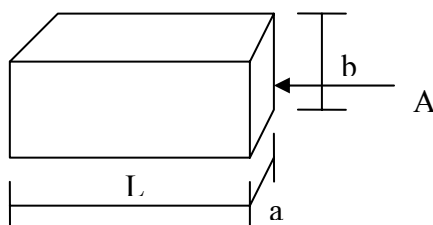


Figura 1 – exemplo de amostra retangular para calculo de resistividade elétrica.

A resistividade elétrica é calculada a partir da seguinte relação:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (1)$$

onde:

R – resistência elétrica [ohms];

$\rho$  – resistividade elétrica do material [ohms x centímetros];

L – comprimento da amostra [centímetros];

A – área de seção transversal da amostra [centímetros quadrado] = (axb);

Ao aplicarmos uma diferença de potencial, V (Volts), entre os lados da amostra fará com que circule uma determinada corrente elétrica, I (Ampère), assim de acordo com a equação 2, temos então a resistência elétrica R (Ohms).

$$V = R \cdot I \quad (2)$$

Conhecendo as dimensões L (cm) e A (cm<sup>2</sup>) temos, pela equação 1, a respectiva resistividade elétrica, ρ, da amostra.

O mesmo método pode ser aplicado a uma amostra de solo, sendo esta uniforme, para amostra não uniforme e de dimensões não definidas, ou medidas diretas em campo, aplica-se um processo bastante utilizado em geofísica conhecido como “sistema de quatro pontos”.

Este processo como o próprio nome diz, utiliza quatro hastas metálicas de material condutor de corrente elétrica, alinhadas seqüencialmente com espaçamentos iguais, conforme ilustrado na figura 2.

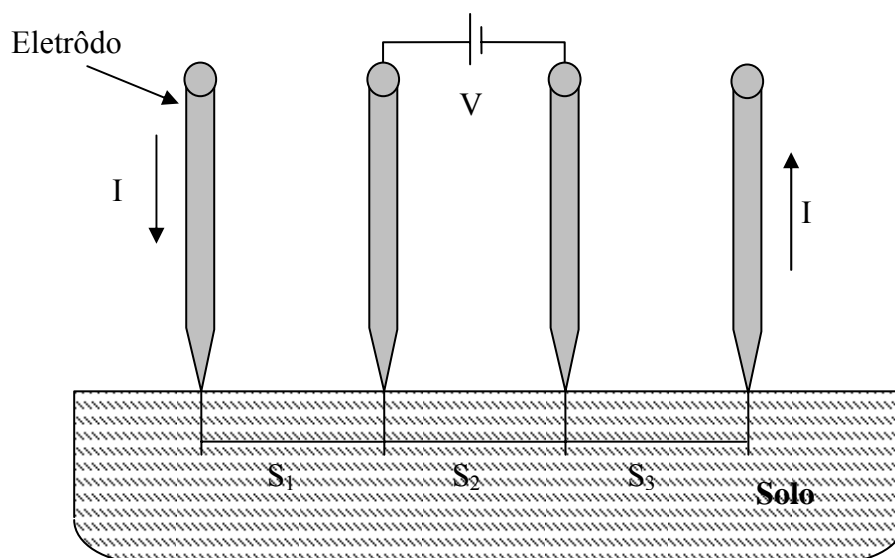


Figura 2 – Sistema de quatro pontos.

Uma corrente elétrica,  $I$ , é injetada nos dois eletrodos externos e a tensão,  $V$ , é medida entre as duas hastes internas, a resistividade então é calculada com a seguinte expressão:

$$\rho = \frac{2\pi \left( \frac{V}{I} \right)}{\left[ \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} - \frac{1}{(S_1 + S_2)} - \frac{1}{(S_2 + S_3)} \right]} \quad (3)$$

Em um caso particular, se  $S_1 = S_2 = S_3 = S$ , a equação 3 é simplificada para:

$$\rho = 2\pi S \frac{V}{I} \quad (4)$$

A condutividade elétrica,  $\sigma$ , é definida como o inverso de resistividade, assim temos:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

À distância  $S_2$  entre os eletrodos internos esta correlacionada com a profundidade da região que se é medida a condutividade elétrica, descrita como uma circunferência de raio  $S_2/2$ , abaixo da linha de superfície.

### **Adaptação a um implemento agrário.**

No sistema comercial, VERIS 3000, utiliza como eletrodos de medida seis discos de 25 cm de diâmetro, semelhante ao desenho da figura 2, sendo os quatros discos internos para medida de condutividade elétrica a 30 cm de profundidade e os dois externos para 90 cm de profundidade, figura 3.

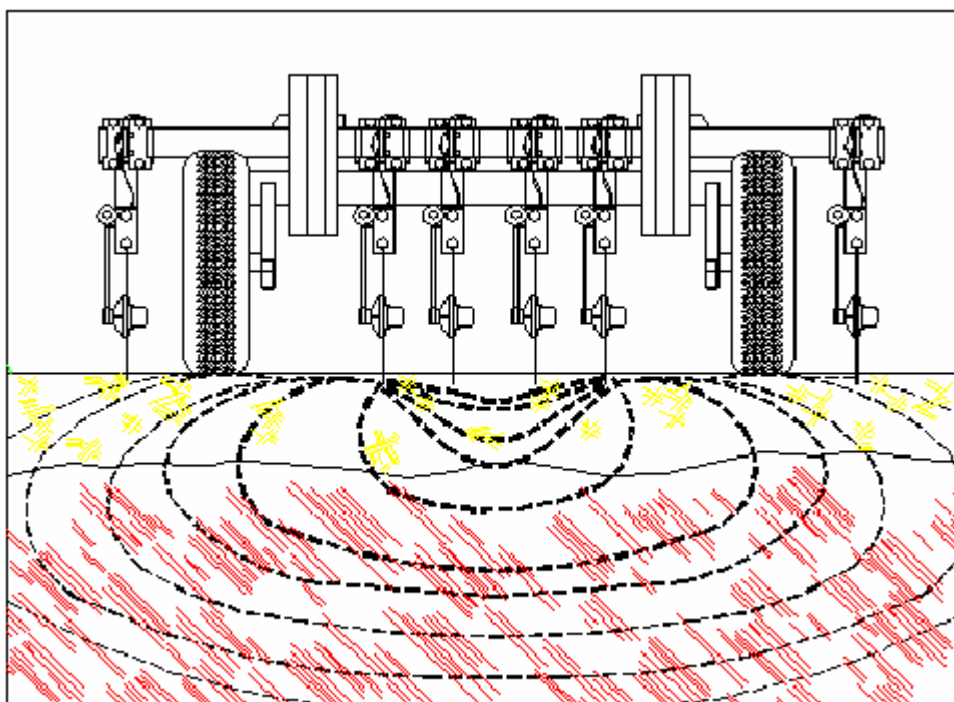


Figura 3 – desenho da disposição dos discos no sistema VERIS.

A adaptação se deu a na escolha de um sistema subsolador, de propriedade da Usina São Martinho, parceira neste trabalho, devido ser um dos processos de manejo da preparação do solo para o plantio de cana.

Este processo consiste na passagem do subsolador para preparação do solo, em seguida o plantio, crescimento da massa vegetal e depois a colheita. Não é feito novo plantio constantemente, pois após o primeiro corte e colheita, a cana volta a brotar e assim repetindo o ciclo durante aproximadamente 5 anos, só depois deste tempo é que é feito nova preparação e plantado novas mudas, onde novamente é usado o subsolador.

Assim devido o subsolador estar sempre sendo utilizado para o novo plantio é que foi escolhido para a adaptação de medida de condutividade elétrica.

O subsolador escolhido é o de fabricação STARA S.A. Indústria de implementos agrícolas tendo as seguintes características indicadas na tabela 1.

Tabela 1: Características do subsolador.

Nome	Subsolador Asa Laser Canavieiro
Atividade	Agricultura de precisão
Classe	Preparo de solo
Padrão	A – Grande propriedade
Plantio	Todos os Tipo de Cultura: Café, Feijão, Soja, Trigo, Milho, Cana-de-Açúcar, Sorgo, Forrageiras, Pastagens, Amendoim, Girassol, Tomate, Banana e algumas flores.
Acionamento	Trator
Descrição/Observação	Chassi super reforçado; Rolos niveladores com pressão regulável; Descompacta até 62 cm de profundidade; Baixo custo que proporciona alto rendimento; US\$ 83.000 de economia proporcionada a cada 1000 hectares; Desenvolvido especialmente para o cultivo reduzido de áreas de cana; Discos dimensionados para o corte de grandes volumes de restos culturais; Sistema de desarme automático que protege o implemento e o trator de choques bruscos e dispensa a troca de pinos de segurança.
Empresa	Stara S.A. Indústria de Implementos Agrícolas.
Referência	STARA SFIL. Stara S.A. Indústria de Implementos Agrícolas.

Na figura 4 é ilustrado o subsolador escolhido de propriedade da Usina São Martinho, sendo o mesmo de fabricação STARA.





Figura 4: Foto subsolador de propriedade da Usina São Martinho, para adaptação para medida de condutividade elétrica.

O sistema subsolador utilizado possui ao todo 5 discos de cortes de aproximadamente 40 cm de diâmetro, sendo dispostos da seguinte maneira, dois na parte frontal e 3 logo atrás, separados a uma distancia igual a 50 cm entre eles na transversal, conforme ilustrado na figura 5.

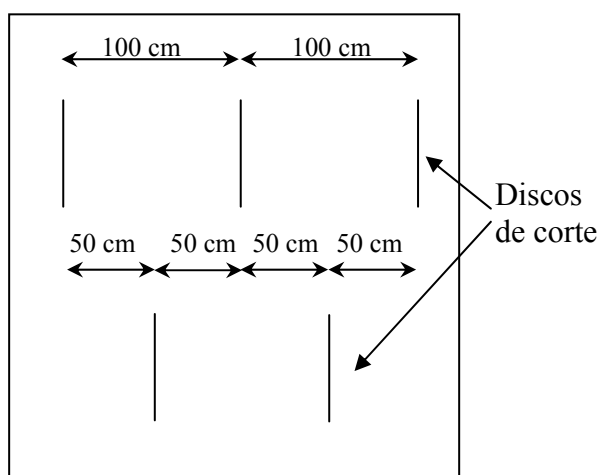


Figura 5: Disposição dos discos de corte no subsolador.

Uma das vantagens deste subsolador é que os discos não são presos a armadura do sistema e sim fixados por meio de parafusos, facilitando a montagem e desmontagem para a adaptação, figura 6.



Figura 6: Fixação do disco a armadura do subsolador.

Esta facilidade de desmontagem permitiu a isolação elétrica do disco em relação a todo o sistema através da colocação de uma manta de borracha de 5 mm de espessura, conforme ilustrado na figura 7.



Figura 7: Isolação elétrica do disco de corte com manta de borracha

O contato elétrico do disco foi feito através de um orifício com rosca para a introdução de um parafuso fixando o cabo na barra lateral do disco, conforme ilustrado na figura 8.



Figura 8: fixação do contato elétrico do disco com o cabo.

E finalmente os cabos ligados a cada disco foram ligados diretamente ao cabo do sistema VERIS, o mesmo cabo que faz a conexão com o sistema de discos originais.

## **RESULTADO E DISCUSSÕES.**

Para teste de utilização como o sistema adaptado, foi utilizado um campo também de propriedade da Usina São Martinho, que estava sendo preparado para um novo plantio. A área apesar de ser de 50 alqueires, só foi possível a medição em uma estreita faixa, compreendendo aproximadamente 2 alqueires, isto porque a programação dos trabalhos da usina para o plantio estar atrasada devido as constantes chuvas que precipitaram durante a preparação da área.

Foi instruído ao operador do trator que realiza-se os trabalhos de acordo com o padrão para o subsolador, que consiste em fazer as passadas paralelas e juntas mas em sentido longitudinal em relação a área. Conseguiu-se assim o primeiro mapa de condutividade elétrica do solo com um implemento próprio sem a necessidade de utilização do sistema original, conforme ilustrado na figura 9.

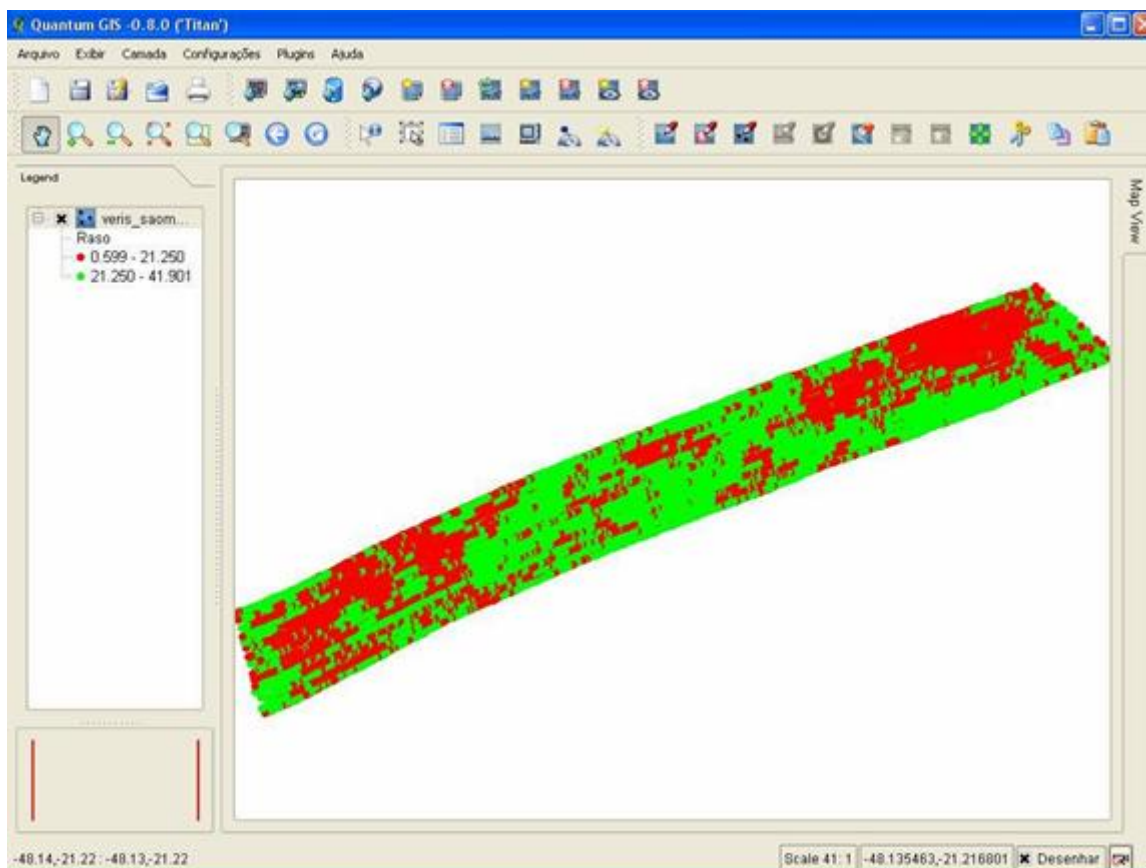


Figura 9: mapa de condutividade elétrica utilizando subsolador.

## CONCLUSÕES.

A adaptação do sistema subsolador mostrou-se satisfatória com relação a medida de condutividade elétrica, reduzindo o tempo de processamento e coleta dos dados, uma vez que se é utilizado um implemento do cotidiano dos trabalhos, não necessitando primeiro de usar o sistema VERIS e depois usar a mesma máquina (trator) para o restante dos trabalhos.

## AGRADECIMENTOS:

A Usina São Martinho pela parceria com suas áreas de plantio e pessoal qualificado para a realização deste trabalho

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

JORGE, L. A. de C.; TORRE-NETO, A. Agricultura de precisão. In: WORKSHOP O AGRONEGÓCIO NA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO, 2002, Brasília, DF. **Agrosoft 2002** : anais. Brasília: EMBRAPA, 2002. 6 f. Disponível em: <<http://agrosoft.com.br/ag2002/workshop/>>. Acesso em: 19 set. 2002.

CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: theory, principles, and guidelines. **Agronomy Journal**, Riverside, v. 95, n. 3, maio jun. 2003.

INAMASU, R. Y.; FRANÇA, A.; TORRE-NETO, A.; MANTOVANI, E. C.; CRUVINEL, GOMIDE, R. L.; LUCHIARI JR, A.; RABELLO, L. M.; SOUZA, R. V. de. Condutividade elétrica do solo: primeiros mapas no Brasil. In: BALASTREIRE, L. A. **Avanços na Agricultura de Precisão no período 1999-2001**. Piracicaba, 2002.

LUCHIARI, A.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, S.; SCHEPERS, J.; LIEBIG, M.; SCHEPERS A.; PAYTON S. Strategies for establishing management zones for site specific nutrient management. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 10 p. CD-ROM.

CLARK, R.L.; CHEN, F.; KISSEL, D.E.; ADKINS, W. Mapping soil hardpans with the penetrometer and electrical conductivity, In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 12 p. CD-ROM.

MYERS, D.B.; KITCHEN, N.R.; SUDDUTH, K.A.; MILES, R.J. Estimation of a soil productivity index on claypan soils using soil electrical conductivity. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 12 p. CD-ROM

LUND, E.R.; COLIN, P.E.; CHRISTY D.; DRUMMOND P. 1998. Applying soil electrical conductivity technology to precision agriculture. p. 1089-1100. In P.C. Robert et al. (eds.) Precision Agriculture. Proc. 4th Int. Conf., St. Paul, MN. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.

- LUND, E.D.; CHRISTY, C.D.; DRUMMOND, P.E. Using yield and soil electrical conductivity (EC) maps to derive crop production performance information. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 10 p. CD-ROM
- REESE, C.L.; CLAY D.E.; CARLSON, G.C.; BERG R.; DIEDRICH D. Identifying soybean phytophthora tolerant and non-tolerant variety management zones using soil electrical conductivity. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 1 p. CD-ROM.
- HARTSOCK, N.J.; MUELLER, T.G.; THOMAS, G.W.; BARNHISEL, R. I.; WELLS, K.L.; SHEARER, S.A. Soil electrical conductivity variability. In: International conference on precision agriculture and other resource management, 5, 2000, Minnesota, **Proceedings**. ASA, CSSA, SSSA, 2001, 14 p. CD-ROM