

# Mapeamento da condutividade elétrica do solo – sistema protótipo

Ladislau Marcelino Rabello<sup>1\*</sup>, Ricardo Y. Inamasu<sup>2\*</sup>,  
Alberto C. de Campos Bernardi<sup>3\*</sup>, João de Mendonça Naime<sup>4\*</sup>,  
José Paulo Molin<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador, Embrapa Instrumentação

<sup>2</sup> Pesquisador, Embrapa Instrumentação

<sup>3</sup> Pesquisador, Embrapa Pecuária Sudeste

<sup>4</sup> Pesquisador, Embrapa Instrumentação

<sup>5</sup> Professor, ESALQ, Universidade de São Paulo – USP

\*e-mail: rabello@cnpdia.embrapa.br; ricardo@cnpdia.embrapa.br; alberto@cppse.embrapa.br;  
naime@cnpdia.embrapa.br; jpmolin@esalqu.usp.br

**Resumo:** Em agricultura de precisão, talvez, um dos grandes problemas fosse o número de amostragem de um determinado fenômeno para definir as regiões de manejo dentro desta mesma área. Áreas pequenas o número de amostras é também pequena e fácil de coletar, mas quando se trata de grandes áreas a dificuldade aumenta, tanto em tempo como em custo. A medida de condutividade elétrica do solo vem sendo muito usada e vem se tornando uma importante ferramenta para uma prévia avaliação da área a ser estudada, facilitando as definições das áreas de manejo. São usados alguns sistemas, porém de origem estrangeira, assim este documento descreve um protótipo para a medida e mapeamento da condutividade elétrica do solo de maneira automática e manual de acordo como a demanda do projeto MP1-Agricultura de Precisão para utilização nos seus planos de ações.

**Palavras-chave:** agricultura de precisão, condutividade elétrica, mapeamento, sistema quatro pontos.

## Mapping of soil electrical conductivity – A prototype system

**Abstract:** The measured electrical conductivity of the soil has been widely used and is becoming an important tool for a preliminary assessment of the area being studied, making the definitions of management areas. Some systems are used, however of foreign origin, so this document describes a prototype for measuring and mapping soil electrical conductivity automatically and manual according to the demand of the project MP1-Precision Agriculture for use in their action plans.

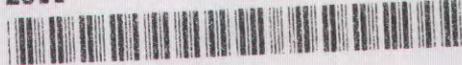
**Keywords:** precision agriculture, electrical conductivity mapping system, four points.

### 1. Introdução

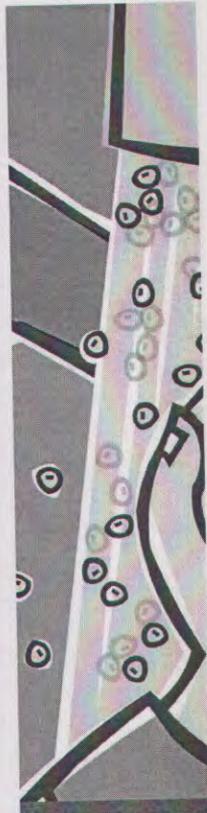
Ferramentas e metodologias que possam auxiliar aos usuários de uma forma rápida no modo de como decidir essa amostragem ou definir sobre regiões de estudo levando em consideração a variabilidade espacial, são de grande importância tanto para a pesquisa como para empresas especializadas.

Uma metodologia muito usada para esta demanda é a medida de condutividade elétrica, tendo como meio condutor o próprio solo, podendo ser medida com equipamentos relativamente simples e com grande eficiência operacional. Alguns equipamentos foram desenvolvidos para esta medida, sendo um dos mais conhecidos

Mapeamento da condutividade ...  
2011 SP-PP-2011.00354



CPPSE-22983-1



o sistema VERIS 3100 de fabricação da Veris Technologies (2008), que é um equipamento importado e sua utilização requer que ele seja conduzido por um veículo motorizado para realizar as medidas antes de qualquer atividade de manejo da região e depois correlacioná-las, através de mapas de condutividade elétrica com alguns parâmetros agrônômicos que se esta estudando.

Contornando os sistemas importados, pesquisadores adaptaram tal sistema a um implemento agrícola de uso normal da propriedade, reduzindo assim o tempo, os gastos de combustível e custo do equipamento com a coleta das medidas.

Os resultados destes trabalhos podem ser visto nos escritos de Inamassu et al. (2007) e Rabello (2008a,b), onde abordavam a medida de condutividade elétrica do solo adaptado a um implemento agrícola, no caso, um subsolador.

Com a aprovação do projeto inscrito nos programas de pesquisa da Embrapa, especificamente no macro programa 1 (MPI), foi possível projetar e montar um sistema nacional para o mapeamento e medida de condutividade elétrica do solo, sendo de uso restrito aos planos de ações do MPI-Agricultura de Precisão.

Este trabalho descreve a seguir detalhes do sistema projetado.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Princípio da medida da condutividade elétrica

Primeiramente para falarmos da condutividade elétrica devemos partir da medida de resistividade elétrica de uma amostra, assim, conforme ilustra a Figura 1, para uma amostra de dimensões conhecidas.

A resistividade elétrica para a amostra da Figura 1 pode ser calculada usando a Equação 1.

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

Onde:

R = resistência elétrica [ohm];

$\rho$  = resistividade elétrica [ohms centímetros];

L = comprimento da amostra [centímetros];

A = área da seção transversal da amostra [centímetros quadrados];

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) temos, pela Equação 1, a respectiva resistividade elétrica,  $\rho$ , 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" (SMITS, 1958).

Este processo como o próprio nome diz, utiliza quatro hastes metálicas de material condutor de corrente elétrica, alinhadas sequencialmente com espaçamentos conhecidos, conforme ilustrado na Figura 2.

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 Equação 3:

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

A condutividade elétrica,  $\sigma$ , é definida como o inverso de resistividade, assim temos a Equação 4:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

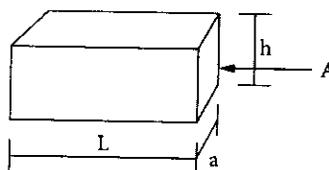


Figura 1. Exemplo de uma amostra retangular para cálculo de resistividade elétrica.

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

## 2.2. Descrição do protótipo

O sistema foi projetado tendo como metodologia de medida de condutividade elétrica, sistema de 4 pontos, utiliza como processador central um microprocessador de fabricação da Microchip Technology (<http://www.microchip.com>), chamado PIC18F258 o diagrama de bloco do sistema é ilustrado na Figura 3.

Da esquerda para a direita na Figura 3, temos os três blocos correspondentes aos eletrodos, estes podem ser as hastes metálicas descritas acima. O bloco corresponde a "eletrodo 2" tem a mesma função do "eletrodo 1", a diferença é que neste caso o sistema tem uma amplificação do sinal de leitura da diferença de potencial

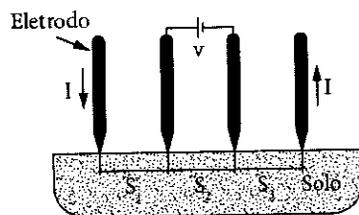


Figura 2. Sistema de quatro pontos.

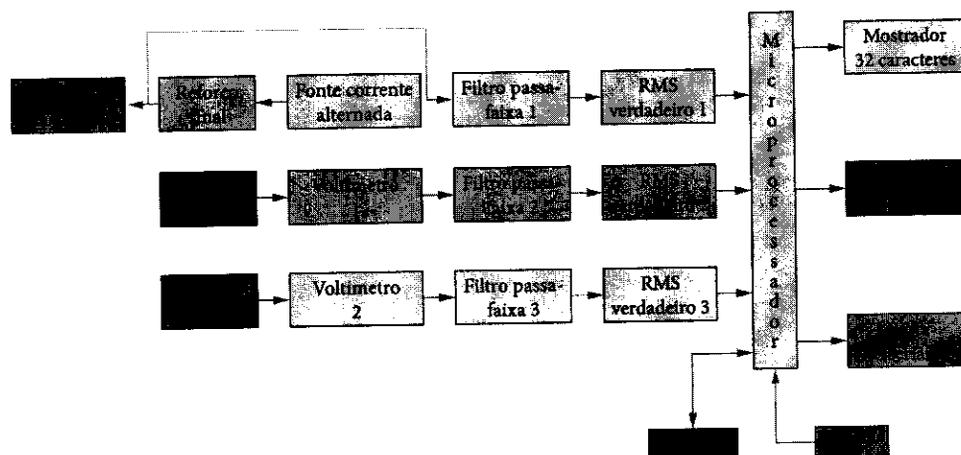


Figura 3. Diagrama de bloco do sistema protótipo para mapeamento de condutividade elétrica do solo.

de três vezes ( $3\times$ ) e o bloco "Reforço sinal" tem a finalidade de reforçar o sinal de saída da fonte de corrente indicada no bloco "fonte de corrente alternada".

Na sequência dos blocos "voltímetros" até os blocos "RMS verdadeiro", têm a finalidade de leitura de tratamento dos sinais lidos.

O bloco "microprocessador" tem a finalidade, através de um programa computacional dedicado, converter o sinal dos três eletrodos para níveis digitais, através dos conversores analógicos digitais. Tem também a finalidade de sincronizar as medidas com a respectiva localização georreferenciada, através de um sistema GPS (Global Position System – Sistema de Posicionamento Global, bloco GPS) e armazenamento dos sinais lidos.

O usuário pode enviar comandos para o sistema microprocessador através de um teclado de quatro funções, bloco "teclado 4 funções" que são informados no mostrador na medida que são solicitados.

Para recuperação dos dados gravados em memória, o sistema possui uma interface de comunicação serial, padrão RS232, bloco "porta serial", que pode ser conectado a outro computador para registro de todas as medidas.

Na Figura 4 é ilustrado o sistema protótipo para mapeamento de condutividade elétrica do solo.

### 3. Resultados e discussão

O equipamento foi testado em uma área de pastagem, com irrigação via pivô central, pertencente a Embrapa Pecuária Sudeste, localizada no município de São Carlos, SP (latitude 21° 57' 351" S e longitude 47° 50' 872" O). Compreendia esta área várias divisões onde são realizados experimentos com alimentação para gado.

A área de teste é composta de uma vegetação densa para pasto denominada capim tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia). Outra

característica dessa vegetação é a formação de touceiras que dificulta em muito a posição linear dos eletrodos de medida de equipamentos tracionados, obrigando a realização das medidas de forma manual.

Os pontos de medida foram escolhidos ao acaso dentro de cada divisão de pasto, sendo adotada uma média de cinco medidas por divisão. Isto por causa da densidade de capim e também por não haver pontos de referência dentro das áreas. As medidas podem ser observadas na Figura 5, nesta pode se ver a variação das medidas em diferentes cores nos pontos de amostragem.



Figura 4. Ilustração do sistema protótipo de medida de condutividade elétrica do solo.

### 4. Conclusões

O protótipo mostrou-se viável para medidas de condutividade elétrica do solo de maneira manual em áreas de difícil acesso e também de modo pontual deixando o usuário escolher e definir os pontos de medida.

Apesar de ter sido feita as medidas de modo manual, o equipamento também pode fazer medidas de modo automático, para grandes áreas junto com um implemento simulando os eletrodos e tracionado via veículo tracionado.

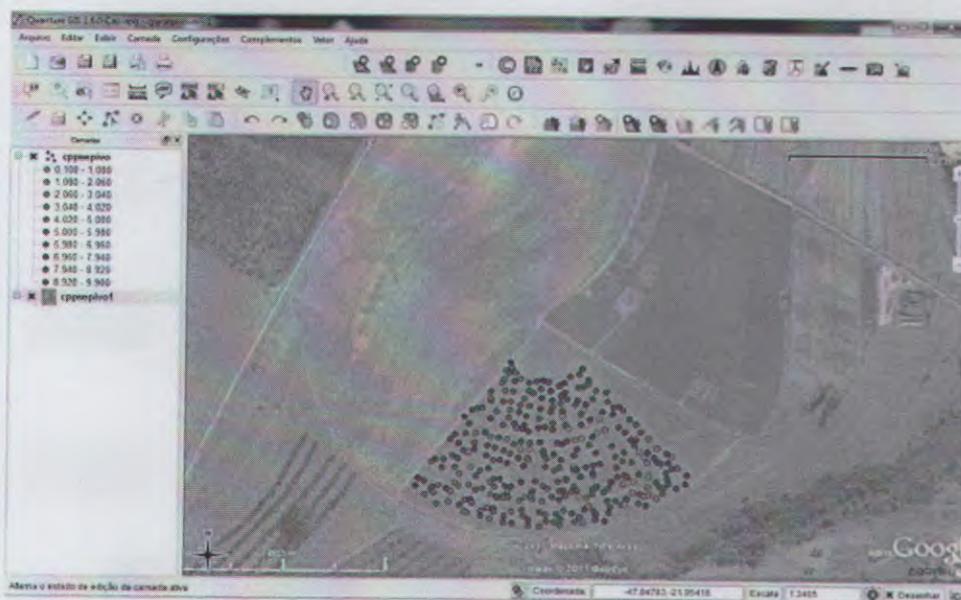


Figura 5. Área de medida de condutividade elétrica do solo, com os respectivos valores variando conforme a cor.

## Agradecimentos

Agradecemos a Embrapa Pecuária Sudeste, Uva e vinho, Semi-Árido, Solos pela disponibilização da área e testes, à Embrapa Instrumentação através do projeto MP1 Agricultura de Precisão, o que tornou possível a construção do protótipo.

## Referências

INAMASSU, R. Y.; SIMÕES, M. S.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; RABELLO, L. M.; MOLIN, J. P. **Sistema de medida de condutividade elétrica do solo adaptado a um implemento agrícola (subsolador)**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 5 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária, Circular Técnica, n. 40).

RABELLO, L. M.; INAMASSU, R. Y.; TORRE NETO, A.; MOLIN, J. P.; LUCHIARI JÚNIOR, A.; SIMÕES, M. S. Sistema de medida de condutividade elétrica do solo adaptado a um implemento agrícola (subsolador). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO - ConBAP, 2008, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: ESALQ/USP, 2008a. p. 22-35. 1 CD-ROM.

RABELLO, L. M.; INAMASSU, R. Y.; TORRE NETO, A.; LUCHIARI, A.; MOLIN, J. P.; SIMÕES, M. S. Soil conductivity electrical measurement system suited to an agricultural implement (subsoiler). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 9., 2008, Denver. *Proceedings...* Denver, 2008b.

SMITS, F. M. Measurements of sheet resistivities with the four-point probe. *Bell System Technical Journal*, v. 37, p. 711-718. 1958.

VERIS TECHNOLOGIES. Disponível em: <<http://www.veristech.com>>. Acesso em: 10 nov. 2008.

