

MEDIÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO SOLO ATRAVÉS DO MÉTODO DE WENNER

EDUARDO PORTO CAVALARI¹; MAIQUEL S. CANABARRO²

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS– eduardocavalari002@gmail.com

²UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – maiquel.canabarro@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da revolução da informação e a agricultura de precisão, atividades agrícolas começaram a ter um foco maior na produção e em menores desperdício de recursos (CAMPOS BERNARDI, 2014).

Nesse contexto, a medição da condutividade elétrica do solo desempenha um papel crucial. O método de Wenner baseia-se na aplicação de correntes elétricas no solo e na medição das tensões resultantes em diferentes arranjos de eletrodos. A interpretação dos dados obtidos por meio do método de Wenner permite mapear a variação da condutividade elétrica do solo em profundidade e horizontalmente, fornecendo informações valiosas para otimizar a irrigação, a fertilização e outras práticas agrícolas. Portanto, no contexto da agricultura de precisão, o método de Wenner desempenha um papel crucial na busca por práticas agrícolas sustentáveis e eficazes, contribuindo para a produção agrícola mais eficiente e a conservação de recursos.

Este trabalho foi elaborado como parte da avaliação da disciplina de Teoria Eletromagnética no curso de Engenharia Eletrônica. O cerne do trabalho envolveu a dedução deste método com base nos princípios da Teoria Eletromagnética, ao mesmo tempo em que foi buscado estabelecer relações entre os dados obtidos e as características do solo utilizado nos testes.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho se baseou no método CPIO (tradução livre do inglês- Concepção, Projeto, Integralização e Operacionalização) uma abordagem pedagógica centrada no aluno, onde o professor age como mediador (DA SILVA; ZANETTI, 2018). Os alunos desempenham um papel ativo nas fases de concepção, projeto, implementação e operação de sistemas relacionados à sua área de formação.

Na fase de concepção, foi feita uma pesquisa de mercado, englobando a análise de produtos existentes e as necessidades do cliente, com ênfase nos objetivos e motivação do projeto.

Posteriormente, foi dado início a fase de projeto. O objetivo do trabalho foi medir a condutividade elétrica do solo em amostras não uniformes e com dimensões não definidas, empregando o método de quatro pontos, conforme mostrado na figura 1.

Essa abordagem envolve a utilização de quatro eletrodos metálicos condutores de corrente elétrica, alinhados em sequência. Quando esses eletrodos são igualmente espaçados, estamos aplicando o método de Wenner.

Inicialmente foi realizado a dedução do método de Wenner considerando uma carga pontual, gerando um campo elétrico com simetria esférica (WENNER, 1915). Logo,

$$J = \frac{I}{S} = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (1)$$

em que, J representa a densidade de corrente elétrica, I representa a corrente elétrica que flui pelo solo e S é a área da seção transversal.

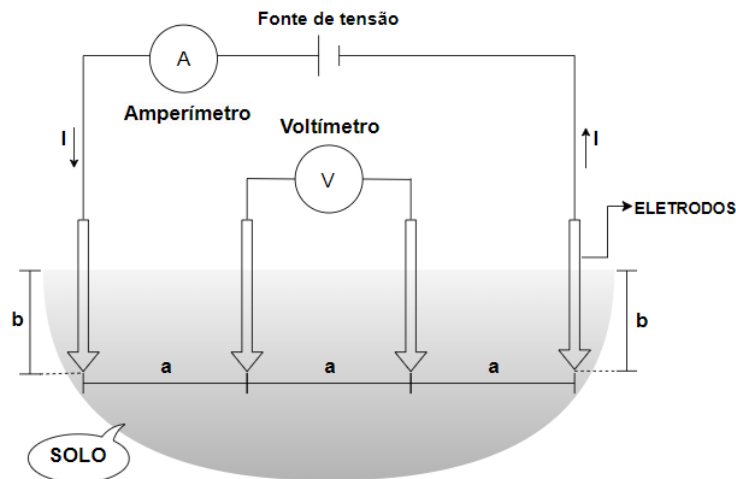


Figura 1: Método de Wenner (Autor)

Partindo da equação (1), podemos obter a fórmula que descreve o potencial gradiente do campo elétrico gerado pela carga pontual, assim obtendo uma relação entre densidade de corrente e a resistividade elétrica, assim temos:

$$-\nabla V = \rho \cdot J = \frac{\rho \cdot I}{4 \cdot \pi \cdot r^2} \quad (2)$$

Em que, ρ representa a resistividade elétrica e $-\nabla V$, o potencial gradiente. Integrando a equação (2) e considerando V_x como a queda de potencial, entre os eletrodos internos, distantes a e $2a$ do primeiro eletrodo causada pela corrente I , obtemos a equação (3):

$$V_x = \frac{\rho \cdot I}{8 \cdot \pi \cdot a} \quad (3)$$

E também a equação 4, que descreve V_y como a queda de potencial entre os eletrodos internos, porém, causada pela corrente I saindo pelo último eletrodo:

$$V_y = \frac{\rho \cdot I}{8 \cdot \pi \cdot a} \quad (4)$$

Através da lei de ohm, conseguimos descrever a queda de potencial total entre eletrodos internos e obter a resistividade elétrica do solo pela equação (5):

$$\rho = 4 \cdot \pi \cdot a \cdot R \quad (5)$$

No entanto, na medição da resistividade do solo, a menos que a distância entre os eletrodos for pequena em comparação com a profundidade dos eletrodos,

não podemos assumir que temos um condutor infinito, então a equação anterior não se aplica.

Realizando os mesmos passos, porém considerando um condutor finito, foi obtido a expressão final para o método de Wenner,

$$\rho = \frac{4\pi \cdot a \cdot R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{(4b^2 + a^2)}} - \frac{2a}{\sqrt{(4b^2 + 4a^2)}}} \quad (6)$$

em que "b" representa a profundidade dos eletrodos e "a" o espaçamento entre eles.

Em seguida, a etapa de implementação e operação foi conduzida, na qual o método de Wenner foi empregado para medir a condutividade elétrica de dois tipos de solo em diferentes áreas de estudo. Nesse processo, quatro eletrodos de cobre foram instalados no solo, dispostos em linha reta e com espaçamento uniforme. A corrente elétrica foi aplicada através dos dois eletrodos externos, enquanto os outros dois eletrodos internos foram utilizados para registrar a diferença de potencial resultante. A profundidade da medição foi mantida constante a 10cm, e diferentes intervalos horizontais foram considerados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, será apresentado a condutividade elétrica de dois tipos de solo distintos e sua relação com os níveis de salinidade. A seguir, nas tabelas abaixo, estão apresentados os resultados:

Tabela 1: Condutividade elétrica obtida para diferentes espaçamentos no solo 1.

| a | b | R | ρ | σ |
|------|------|--------------|------------------------------|---|
| (cm) | (cm) | (Ω) | ($\Omega \cdot \text{cm}$) | ($\frac{1 \cdot 10^{-3} S}{\text{cm}}$) |
| 2.5 | 10 | 150 | 13686 | 0.07134 |
| 5 | 10 | 230.8 | 13970 | 0.07158 |
| 10 | 10 | 174 | 18410 | 0.05433 |
| 15 | 10 | 175 | 24150 | 0.04141 |
| 30 | 10 | 100 | 21980 | 0.0455 |

Tabela 2: Condutividade elétrica obtida para diferentes espaçamentos no solo 2.

| a | b | R | ρ | σ |
|------|------|--------------|------------------------------|---|
| (cm) | (cm) | (Ω) | ($\Omega \cdot \text{cm}$) | ($\frac{1 \cdot 10^{-3} S}{\text{cm}}$) |
| 2 | 10 | 3.243 | 81.277 | 12 |
| 5 | 10 | 1.206 | 72.987 | 14 |
| 7 | 10 | 0.935 | 75.619 | 13 |
| 10 | 10 | 0.81 | 85.729 | 12 |
| 15 | 10 | 0.539 | 74.243 | 13 |
| 30 | 10 | 0.225 | 49.362 | 20 |

Pode-se notar que o solo 1 apresenta, em média, uma condutividade maior que o solo 2. Na agricultura, a condutividade elétrica tem sido usada principalmente como uma medida de salinidade do solo (FAO, 2011), como mostrado na tabela 3:

Tabela 3: Classificação utilizada para avaliação da salinidade do solo (FAO,2011).

| Salinity level | Degree of crops sensitivity | Electro-conductivity of soil saturated extract ECe at t = 25°C (dS/m) |
|-----------------|-----------------------------|--|
| non saline | very sensitive crops | 0–2 |
| low salinity | sensitive crops | 2–4 |
| mild salinity | mildly sensitive crops | 4–8 |
| high salinity | mildly resistant crops | 8–16 |
| severe salinity | resistant crops | >16 |

Observar-se que o solo 2 se enquadra nos níveis de alta e severa salinidade. Já o solo 1 se enquadra no nível não salino. Com isso, obteve-se uma relação direta entre a condutividade elétrica e os níveis de salinidade dos solos.

4. CONCLUSÕES

A dedução do método de Wenner e suas medições subsequentes da condutividade do solo revelaram a importância da compreensão das propriedades elétricas do solo. Isso permitiu uma aplicação prática, validando a estimativa da condutividade do solo em campo através da salinidade dos solos amostrados. Esse estudo interdisciplinar integrou conceitos da agricultura e engenharia eletrônica, destacando a relevância da pesquisa colaborativa.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS BERNARDI, A. C. de. Agricultura de precisão: Resultados de um novo olhar. 2ª edição.ed, DF: EMBRAPA, 2014. ISBN 978-85-7035-352-8.

DA SILVA, A; ZANETTI, M. Implementação do Método de Ensino CPIO no Curso de Engenharia Aeroespacial da UFSM. **Congresso Aeroespacial Brasileiro-Edição Especial Plêiade**. Paraná, 2018.

WENNER, F. A method of measuring earth resistivity. **Bulletin of the Bureau of Standards**, US Bureau of Standards, v.12, n.1, 1915.

FAO. **Soil Quality Indicators**. USDA Natural Resources Conservation Service, USA, 2011. Acessado em 15 set. 2023. Online. Disponível em: <https://www.sdsoilhealthcoalition.org/technical-resources/chemical-properties/soil-electrical-conductivity/>