

## APLICAÇÃO DA ELETRORRESISTIVIDADE NA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM ROCHAS CRISTALINAS

Maria Alanya Costa Oliveira (1); Antonio Carlos Leite Barbosa (2)

(1) *Universidade Federal Rural do Semiárido*; alanya.oliveira@gmail.com

(2) *Universidade Federal Rural do Semiárido*; antonio.leite@ufersa.edu.br

**Resumo do artigo:** Sabe-se que a água é um elemento vital para sobrevivência humana e animal, porem devido a alguns fatores climáticos ou até mesmo provocado pelo próprio homem ela tem se tornado escassa. A região nordeste objeto de estudo desse trabalho é bem desfavorecida em relação a quantidade pluvial de chuvas se comparadas a outras regiões. Diante disso, a disponibilidade e uso das águas subterrâneas são fundamentais para o desenvolvimento sócio econômico de uma região, e particularmente na região semiárida onde essa questão continua a ser pertinente no que se refere ao seu desenvolvimento. Devido a formação geológica da região nordeste ser praticamente rochas metamórficas formadoras dos aquíferos fraturados há uma grande dificuldade na localização da profundidade das aguas e se a mesma é potável ou não, o que gera um grande dispêndio financeiro para quem precisar explorar esse recurso, entretanto existe alguns tipos de métodos geofísicos que por serem pouco conhecido ou talvez totalmente desconhecido pela sociedade não são utilizados para obtenção de informações prévia concedida por esses métodos, o que seria bem útil para a redução dos gastos. Portanto serão abordados no decorrer deste trabalho métodos geofísicos que poderão ser utilizados para obtenção de resultados mais precisos e menos gastos em relação a prospecção de aguas subterrâneas.

**Palavras-chaves:** localização de agua, região nordeste, métodos geofísicos.

### 1. INTRODUÇÃO

A água, elemento essencial para sobrevivência das espécies, está se tornando cada dia um dos recursos natural mais escasso em virtude da desigualdade em sua disponibilidade. No Brasil, o abastecimento hídrico ocorre de forma diferenciada, algumas regiões são mais favorecidas ao passo que outras presenciam grande estiagem, a exemplo disso se encontra a região Nordeste em que a situação dos recursos hídricos é preocupante em algumas áreas devido a quantidade populacional ser bem maior do que a disponibilidade hídrica (BEZERRA, 2002). Não obstante, a situação no semiárido nordestino se agrava ainda mais devido os fatores climáticos como a escassez das chuvas, secas periódicas, alta evaporação juntamente com o mau uso das fontes existentes segundo GUIMARÃES ET AL. (2005) afetando assim a vida das pessoas que muitas vezes não dispõem sequer de água para atender suas necessidades básicas.

Afim de disponibilizar água suficiente para garantir o abastecimento humano e animal e a irrigação, grandes esforços vêm sendo empreendidos através de políticas públicas com o

objetivo de implantar infra estruturas capazes de suprir essa necessidade a exemplo do DNOCS criada em 1945 que executou ações de perfuração de poços, de barragens e de açudes. Todavia, esses esforços não foram o suficiente para resolver os problemas decorrentes da escassez de água, devido vários poços terem sido perfurados sem planejamento e estudo geológico prévio tendo como consequência a perfuração de uma grande quantidade de poços em terrenos formados por rochas cristalinas de onde brotaram águas salobras e pouco abundantes (POMPEU SOBRINHO, 1953). Diante disso percebeu-se que mesmo com a implantação de políticas governamentais, a população nordestina continuaram e continuam até os dias atuais vulneráveis à ocorrência de secas, implicando negativamente até mesmo em processos produtivos na saúde e na qualidade de vida na região.

A região Nordeste equivale a aproximadamente um quinto do território brasileiro e abrange os estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia, nos quais vivem 18,5 milhões de pessoas e dos quais 8,6 milhões estão na zona rural (Cirilo et al. 2007). No que se refere à ocorrência de águas subterrâneas, como o território nordestino é em mais de 80 % constituído por rochas cristalinas, há predominância de águas com teor elevado de sais captadas em poços de baixa vazão: da ordem de  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , mesmo com a geologia não sendo tão favorável há contudo disponibilidade de águas subterrâneas considerada potável podendo ser utilizada para suprimento da falta de água para as necessidade particulares quanto para o desenvolvimento sócio econômico de uma região.

Portanto, procura-se abordar neste trabalho o método geofísico da eletrorresistividade – conceito e método das técnicas aplicadas – que podem ser útil na captação de água subterrâneas de forma a apresentar um maior detalhamento hidrológico, e uma redução na margem de erro nas locações de poços diminuindo assim os custos envolvidos na construção dos mesmos.

## **2. APLICAÇÕES NA PROSPECÇÃO DE AGUA SUBTERRANEA EM TERRENOS CRISTALINOS**

São comuns os insucessos na locação de poços artesianos em regiões semiáridas devidos às próprias características geológicas do meio (sistema de fraturas) onde geralmente há uma grande falha na interceptação de rochas fraturadas, e a eletrorresistividade mostra-se eficiente para a detecção dessas falhas fazendo um mapeamento das mesmas.

Segundo definição do Dicionário Ambiental (ECO, 2014) as formações geológicas nas  
(83) 3322.3222  
contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

quais a água pode ser armazenada e que possuem permeabilidade suficiente para permitir que esta se movimente, são denominadas de aquíferos. A importância de um grande sistema aquífero consiste por dois fatores, primeiro que é uma reserva estratégica para o suprimento de água, segundo que geralmente não necessita de tratamento para consumo devido ao processo natural de filtragem do subsolo que alcança uma qualidade além dos tratamentos usuais feitos em água retirada dos rios, lagos e represas. Abaixo Tabela com informações sobre os tipos de aquíferos e os métodos aplicados.

Figura 1: Tipos de Aquíferos e Aplicados Métodos

Geologia	Tipos de Aquíferos	Método Geológico
Sedimentos – Rochas Sedimentares	<p><b>Aquíferos Granulares</b></p>	<p><b>SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL</b></p>
	<p><b>Aquíferos Cársticos</b></p>	<p><b>CAMINHAMENTO ELÉTRICO - Dipolo-Dipolo</b></p>
Rochas Cristalinas	<p><b>Aquíferos Fraturados</b></p>	

Fonte: Webinar - Geofísica aplicada em estudos envolvendo a contaminação das águas subterrâneas.

3.

## METODOLOGIA

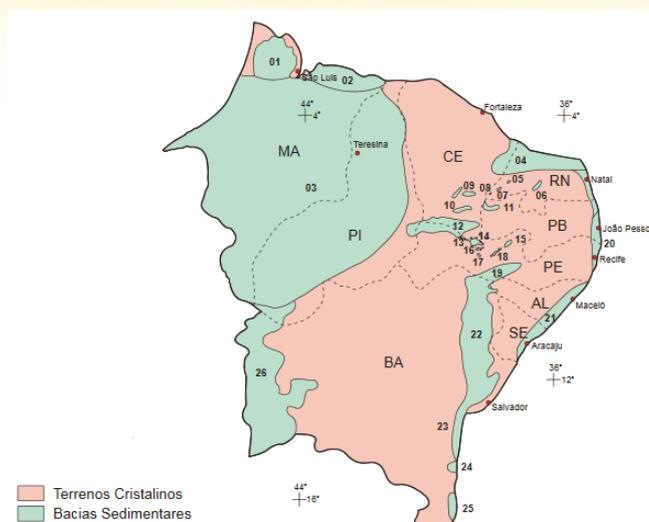
A metodologia usada para a realização deste trabalho teve como base a revisão bibliográfica através de livros, dissertações, artigos, e outras fontes que trabalhassem temática similar a desse artigo, assim como uso de mapa geomorfológico da região escopo da pesquisa e imagens representativas de algumas técnicas de prospecção de água subterrâneas sob perspectivas e utilização no nordeste brasileiro, com intuito de associar informações e assim colaborar para o debate científico na temática em questão, apresentar e discutir alguns métodos geofísicos como a Sondagem elétrica vertical (arranjo Schlumberger) e Caminhamento elétrico (arranjo dipolo-dipolo), cuja escolha do arranjo depende principalmente das facilidades operacionais em função do modo de operação adotado para o levantamento. Abaixo recorte espacial da região nordeste, local de embasamento da pesquisa.

Figura 2: Base Cartográfica da região nordeste.

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

[www.conidis.com.br](http://www.conidis.com.br)



Fonte: (Ministério Minas e Energia, Outubro, 2004).

#### 4. MÉTODOS GEOFÍSICOS

Nos métodos elétricos, recorre-se a uma grande variedade de técnicas, que são aplicadas de acordo com as diferentes propriedades ou características dos materiais. O método da eletrorresistividade emprega corrente elétrica artificial no terreno objetivando medir a resistividade ( $\rho$ ), que é um dos parâmetros físicos de grande importância na identificação dos diferentes tipos de materiais geológicos.

A resistividade elétrica pode ser definida como a dificuldade à passagem de corrente elétrica em um determinado meio. Todos os materiais geológicos no seu estado natural, devido as suas propriedades pertinentes, oferecem resistência à passagem da corrente elétrica. A resistividade elétrica ( $\rho$ ) está associada às impurezas constantes nos interstícios de solos e rochas, à porosidade, às fissuras das rochas, à umidade, com o tipo de mineral constituinte da rocha etc. e a propagação da corrente elétrica no meio se dá pelo transporte dos elétrons na matriz da rocha (minerais metálicos, impurezas agregação de minerais), por deslocamento dos íons dissolvidos na água contida nos poros e fissuras de rochas e solos dessa forma conclui-se que quanto maior a porosidade maior a condutividade elétrica do material. Pode-se assim dizer que, quanto maior a porosidade de solos e rochas e a salinidade da água que preenche seus poros, menor será a resistividade ( $\rho$ ) desses materiais.

As rochas graníticas – predominante no semiárido nordestino – contêm fissuras, que preenchidas por líquidos condutores permitem a passagem da corrente elétrica.

(85) 3522.3222  
contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

Os métodos mais comuns e cujas técnicas serão discutidos neste trabalho serão:

- SEV (Sondagem Elétrica Vertical)
- Caminhamento Elétrico – (dipolo-dipolo)

## 5. TÉCNICAS DE MEDIÇÃO

O método da eletrorresistividade é empregado com o objetivo de investigar a distribuição da resistividade na subsuperfície terrestre na direção vertical ou na direção horizontal. A investigação na direção vertical é denominada de Sondagem Elétrica Vertical (SEV), enquanto a investigação horizontal é denominada de Caminhamento Elétrico (arranjo dipolo-dipolo) (ORELLANA, 1972)

### 5.1. SEV (Sondagem Elétrica Vertical)

A medição das resistividades elétricas dos materiais em subsuperfície é feita através de um arranjo de quatro eletrodos AMNB, sendo AB um circuito de emissão de corrente, através do qual uma corrente elétrica ( $I$ ) é injetada no terreno; e MN um circuito de potencial, onde uma diferença de potencial ( $\Delta V$ ) é lida entre dois eletrodos. As distâncias AO e OB =  $AB/2$ , têm origem no centro do arranjo. MN =  $a$ , é a distância entre os eletrodos de medição de  $ddp$ . Segundo o esquema elaborado por Schlumberger a distância “ $a$ ” que separa os eletrodos M e N deve ser a menor possível, dessa forma o erro na medição será tão pequeno que não influenciará nos resultados, podendo ser desprezado. Para esta configuração proposta por Schlumberger, deve-se tomar sempre a relação  $MN \leq AB/5$ , desse modo o valor de  $V\Delta$  será confiável.

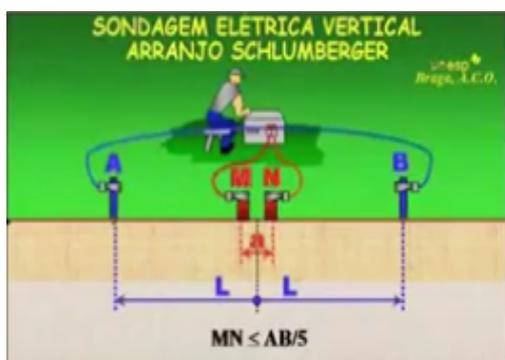


Figura 3: Webinar Geofísica aplicada em estudos envolvendo a contaminação das águas subterrâneas.

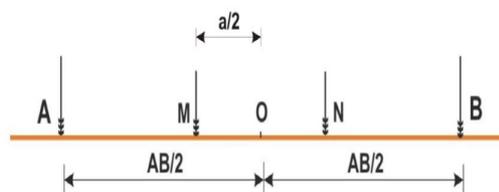


Figura 4: Arranjo Schlumberger dos eletrodos. Distribuição linear simétrica. (Machado, Carlos Antonio Moraes, 2007)

Aplicando a lei de Ohm calcula-se a resistência elétrica à passagem de corrente pela casca semiesférica de raio  $r$  e espessura  $dr$  através da equação

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

$$R = \frac{\rho dr}{2\pi r^2}$$

Onde  $\rho$  é a resistividade elétrica do meio. O potencial elétrico  $V$  diminui no sentido da propagação da corrente  $I$

$$-dV = RI$$

Que após integrar e fazer outros cálculos chegou a equação abaixo para obtenção da resistividade

$$\rho = k * \frac{\Delta V}{I}$$

Onde  $K$  é o fator geométrico e as semidistâncias  $AM$ ,  $BM$ ,  $NA$  e  $BN$ , que passam a ser de acordo com a Figura (3), respectivamente  $AB/2 - a/2$ ,  $AB/2 + a/2$ ,  $AB/2 + a/2$  e  $AB/2 - a/2$ . A semidistância  $MN = a$ , com  $MO$  e  $NO = a/2$ . Substituindo as variáveis no fator geométrico  $k$  tem-se:

$$k = \frac{2\pi}{\left[\left(\frac{AB}{2} - \frac{a}{2}\right) - \left(\frac{AB}{2} + \frac{a}{2}\right) - \left(\frac{AB}{2} + \frac{a}{2}\right) - \left(\frac{AB}{2} - \frac{a}{2}\right)\right]}$$

Substituindo em

$$\rho = \pi \left[ \left(\frac{AB}{2}\right)^2 - \frac{a^2}{4} \right] \frac{\Delta V}{I}$$

E aplicando a ideia de limite, considerando que a distância  $MN = A$  seja a menor possível, e

que o  $\lim_{a \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{a}$  é próprio campo elétrico  $\vec{E}$ , assim a equação passa a ser escrita como

$$\rho = \pi \left(\frac{AB}{2}\right)^2 \frac{E}{I}$$

Onde se calcula a resistividade das medições locais, é importante informar que para um meio não homogêneo essa resistividade é chamada de aparente e não verdadeira.

## 5.2. Técnica do Caminhamento Elétrico (CE)

A técnica do Caminhamento Elétrico se baseia na análise e interpretação dos parâmetros físicos resistividade aparente, obtidas a partir de medidas efetuadas na superfície do terreno, investigando ao longo de uma seção as variações na horizontal em uma ou mais profundidades assim determinada. Dentre os diversos tipos de arranjos de campo disponíveis para a técnica do caminhamento elétrico, o presente trabalho utiliza o arranjo dipolo-dipolo que é caracterizado por utilizar espaçamento igual entre MN e AB, com deslocamento do centro de ambos os dipolos ao longo da linha. O espaçamento entre os dipolos AB e MN pode ser variado a partir do uso simultâneo de vários dipolos MN ao longo da linha. O fator geométrico do referido arranjo é respectivamente

$$k = \pi \left( \frac{a^3}{b^2} - a \right)$$

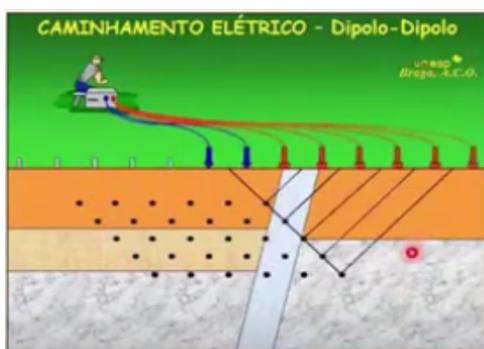


Figura 5: Webinar Geofísica aplicada em estudos envolvendo a contaminação das águas subterrâneas.

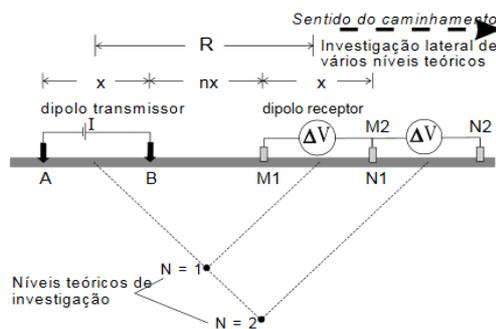


Figura 6: Departamento de Geofísica - USP.

## 6. CONCLUSÃO

O campo de aplicação desses métodos depende de algumas variáveis como as condições geológicas, custos, versatilidade, entre outras, cuja escolha do método a utilizar deve ser objeto de análise prévia em função dos objetivos dos trabalhos.

Mediante tudo o que foi visto conclui-se, que existem métodos de prospecção geofísica, de superfície e profundidade, que desempenham um papel essencial na prospecção e localização de estruturas geológicas potencialmente favoráveis à ocorrência de águas subterrâneas reduzindo a incerteza na pesquisa e os custos associados às sondagens improdutivas e o aumento no conhecimento das mais diversas formas para a exploração desse recurso mineral explorado de forma eficaz, porém o desconhecimento em relação a esses métodos acrescentado à falta de planejamento e estudo geológico prévio acabam gerando resultados negativos e grandes custos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**

BEZERRA, N. F. **Água no semiárido nordestino experiências e desafios.** In: **Água desenvolvimento sustentável no semiárido.** Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, Série debates, n. 24, 169p, 2002.

CIRILO, J.A., GÓES, V.C. & ASFORA, M.C. 2007. **Integração das águas superficiais e subterrâneas.** In: Cirilo, J.A., Cabral, J.J.S.P., Ferreira, J.P.L., Oliveira, M.J.P.M., Leitão, T.E., Montenegro, S.M.G.L. & Góes, V.C. (orgs.)

Cunha, Luiz Fernando Jorge da; Olivar. Antonio Lima de Lima. **Métodos elétricos e eletromagnéticos na avaliação da contaminação de aquíferos.** Disponível em ><http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ASUB0/WebHome/197.pdf>< Acesso em 11.05.16

C. Fernando A. Feitosa; Vidal Cláudio. **Estudos hidrogeológicos de bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro.** Outubro 2004. Disponível em: ><http://www.cprm.gov.br/publique/media/PropostaCTHidro-FINAL.pdf>< Acesso em 11.05.16

De Mio. Giuliani et al. **Investigação de Água Salgada em Aquífero superficial a partir de medidas de Resistividade Elétrica.** Solos e Rochas, São Paulo 28(3): 249-260, Setembro-Dezembro 2005. Disponível em ><http://www.geologia.ufpr.br/geofisica/periodicos/investigacaodemio.pdf>< Acesso em 11.05.16

Elis, Roberto Wagner. **Prospecção de águas subterrâneas com o uso de métodos geofísicos.** Departamento de Geofísica, IAG-USP. SP. Disponível em >[http://www.iag.usp.br/agua/geo/prospec\\_vagner.pdf](http://www.iag.usp.br/agua/geo/prospec_vagner.pdf)< Acesso em 11.05.16

Machado, Carlos Antonio Moraes. **Sondagens elétricas verticais aplicadas à interpretação de horizontes pedológicos de uma vertente em Campo Verde, MT.** Cuiabá, MT, setembro de 2007. Disponível em ><http://livros01.livrosgratis.com.br/cp036579.pdf>< Acesso em 11.05.16

POMPEU SOBRINHO, T. **História das secas: século XX.** Edição especial para o Acervo Virtual Oswaldo Lamartine de Faria, 1953. Disponível em >[http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/historia\\_das\\_secas\\_xx.pdf](http://www.colecaomossoroense.org.br/acervo/historia_das_secas_xx.pdf)< Acesso em 11.05.16

PROSPECÇÃO GEOFÍSICA. Geologia da Engenharia. Disponível em >[http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap\\_8\\_GE.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap_8_GE.pdf)< Acesso em 11.05.16

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

**www.conidis.com.br**



GUIMARÃES, A. O. ; MELO, A. D.; CEBALLOS, B. S. O.; GALVÃO, C. O. RIBEIRO, M. M. R.(2005). **Aspectos da Gestão do Açude Epitácio Pessoa (PB) e Variação da Qualidade da Água.** In Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande, MS. XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental,2005

