



# **Metodologia VLF Aplicada à Prospecção de Água Subterrânea no Cristalino da Região de Canindé, Centro-Norte do Estado do Ceará**

RAIMUNDO MARIANO GOMES CASTELO BRANCO, DAVID LOPES DE CASTRO

LUCIANO SOARES-CUNHA

Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto – DEGEO/UFC, Brazil

## **Abstract**

This paper report the results of an integrated study with a geophysical EM-VLF, remote sensing and geological survey applied to groundwater prospection in a crystalline region of NE Brazil. The surveyed area is composed by fractured gneiss in three principal directions, N 70° - 80° W, N 50° - 60° E and N 40° - 50° . The regional gneiss lineation trend is in the N-S direction. The combined methods have been deployed to detect possible zones of concentrate fractures in the basement that may be groundwater aquifers. A very good agreement of this combined methods was very important to deduct a potential place to drill.

---

## **INTRODUÇÃO**

A região nordeste do Brasil vem sofrendo ao longo de muito tempo problemas de falta de água associadas fundamentalmente à ausência de precipitações regulares, e/ou mau distribuídas, entre outros problemas de ordem política e sociocultural. Paralelamente, o nordeste brasileiro apresenta ainda, entre as outras regiões, o menor volume de água subterrânea, característica associada às suas próprias condições geológicas e hidrogeológicas. As principais fontes de captação de água subterrânea estão associadas aos depósitos sedimentares costeiros (bacias costeiras), aos depósitos sedimentares interiores (bacias interiores), para somente em seguida aparecerem as fontes de captação subterrânea associadas aos terrenos cristalinos. Estes últimos, por sua vez, representam cerca de 70% em exposição no nordeste do Brasil. No caso específico do estado do Ceará a exposição de rochas cristalinas é, ainda, mais importante o que tornaria o meio cristalino fissural como principal fonte de captação de água subterrânea em extensão territorial.

Ao longo das três últimas décadas alguns investimentos foram realizados no sentido de explorar os mananciais subterrâneos destas regiões cristalinas onde, por sua vez, estão localizadas as populações mais carentes e menos assistidas em todos os aspectos. O caráter desorganizado destes investimentos, somente localmente, culminaram em efeitos positivos, uma vez que muito pouco procurou-se estabelecer uma política técnica em recursos hídricos subterrâneos, notadamente no que concerne ao seu aspecto prospectivo. Quando este tipo de política surge apresenta caráter eminentemente sazonal e imediatista o que vem, via de regra, possivelmente colocando em cheque metodologias de trabalho interdisciplinares e complexas que muitas vezes evocam o complicado sistema hidráulico subterrâneo no meio cristalino fraturado. A inexistência, até o presente momento, de um banco de dados de poços profundos com consistência é considerado agente complicador para avanços em pesquisa. Neste contexto, apresenta-se neste trabalho, de forma resumida, a aplicação de uma metodologia geofísica integrada, que neste caso específico e dado ao excelente resultado obtido, envolveu apenas uma ferramenta geofísica entre diversas outras que poderiam ter sido aplicadas paralelamente. Evocou-se neste trabalho o sensoriamento remoto (níveis orbital e convencional) relacionado ao processamento digital de imagens de satélite e de fotografias aéreas convencionais, a geologia de campo envolvendo fundamentalmente aspectos estruturais do fraturamento e a aplicação da técnica de VLF (very low frequency) baseada nos princípios da indução eletromagnética. Assim, o Laboratório de Geofísica de Prospecção e Sensoriamento Remoto do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, empreendeu esforços no sentido de estudar uma região que atravessa, atualmente, uma das piores crises de abastecimento de água – a região de Canindé – município com cerca 67.000 de habitantes, em colapso de água deste o final do ano de 1998.

## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GERAIS

Analisando os aspectos geológicos da área, observa-se uma homogeneidade no arranjo lito-estratigráfico da porção central do Estado do Ceará. Os litótipos da região de Canindé, compõem uma Unidade sem Denominação (PX), de idade pre-cambriana indiferenciada (Cavalcante *et al.* 1983). Esta unidade é caracterizada por uma seqüência gnáissico-migmatítica diversificada, limitando jazimentos subordinados de metacalcários, quartzitos, calciossilicáticas, anfibolitos, metabasitos e metaultrabasitos (PXβ), além de rochas gabro-dioríticas, granitóides e migmatitos porfiroclásticos. De forma secundária ocorre uma outra Unidade sem Denominação PI (B), retrabalhada durante os ciclos orogênicos. Genericamente, o arcabouço estrutural apresenta um padrão não linear, descrito como característica marcante do Domínio Cearense (Schobbenhaus *et al.* 1984). Do ponto de vista tectônico, o município de Canindé está inserido no Bloco Itapagé (Cavalcante *et al.* 1983) que está limitado a oeste pela Falha de Groaíras e a leste pela Falha de Sabonete-Inharé. A Falha de Groaíras possui uma direção preferencial NW-SE estendendo-se por mais de 150km; já a Falha de Sabonete-Inharé tem aproximadamente 60km de extensão e, também, caracteriza-se por ser uma falha de rejeito direcional, estando orientada para NE. Em Canindé, inúmeros locais visitados apresentam afloramentos com fraturas abertas orientadas para NW sobre rochas de composição gnáissico-migmatítica. A figura 1 apresenta um afloramento localizado próximo à Escola do CAEN em um bairro da cidade de Canindé e, onde foi efetuado o levantamento geofísico com VLF. Nesta figura é possível observar a foliação regional dos gnaisses e três direções de fraturamento bem individualizadas. O comportamento destas fraturas pode ser melhor visualizado no diagrama de roseta que se encontra na figura 4.

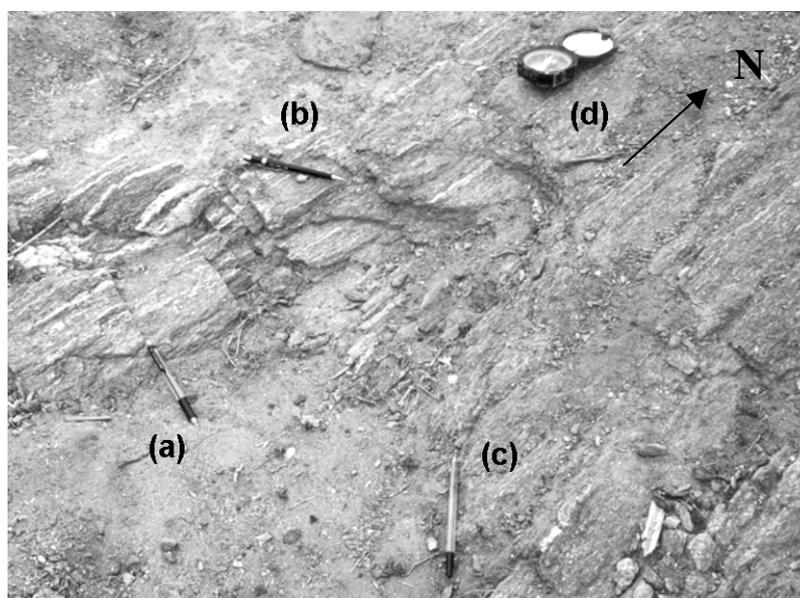


Figura 1: Fotografia de afloramento de gnaisses onde se observa o "trend" aproximadamente N-S da foliação regional (d). Em (a) encontra-se indicado por uma caneta um padrão de fraturamento N 70° - 80° W (Az. 290°), em (b) um padrão N 50° - 60° E (Az. 235°) e em (c) um padrão N 40° - 50° W (Az. 310°).

## METODOLOGIA VLF

Neste trabalho foi utilizado um equipamento de baixa frequência baseado no princípio VLF, modelo WADI, fabricado pela ABEM *Instruments* na Suécia. As frequências dos transmissores utilizadas nas campanhas de campo estiveram entre 15 e 24 kHz. Inicialmente, foram efetuados três perfis de caráter regional, sendo dois deles em direção ortogonal ao procedimento em "malha" adotado subsequente. Um destes perfis regionais está apresentado nas figuras 2 e 3 (Perfil 2400W, N 15° E) que apresentam, respectivamente, os dados filtrado através das curvas do dado real (parte em fase) e imaginário (parte em quadratura) e uma pseudo-seção vertical. Na figura 2 a visualização está para uma profundidade de investigação de 10 metros e, na figura 3, através da pseudo-seção vertical, visualiza-se o dado filtrado até profundidades da ordem de 50 metros. Prosseguindo, na mesma área, adotou-se uma sistemática de perfis paralelos cruzando o sistema de fraturas NW. Desta forma foram realizados 05 perfis ao longo da direção N 38° E em uma área próxima à Escola do CAEN em Canindé. Foi adotado um sistema de coordenadas do próprio equipamento. Os perfis foram espaçados lateralmente de aproximadamente 12 metros (15 passos) e, longitudinalmente, tiveram leituras a cada 8 metros (10 passos). Os dados VLF foram, inicialmente, visualizados em campo, concomitantemente ao próprio levantamento e, posteriormente, foram processados através do software SECTOR elaborado também pela ABEM *Instruments* (figura 3).

Adotando-se o filtro linear proposto por Karous & Hjelt (1983), os dados de campo foram transformados em densidade de corrente equivalente ( $hs/hp\%$ ), onde  $hs$  é a componente real do campo magnético secundário e  $hp$  é a amplitude do campo magnético primário. Desta forma, é possível a observação da densidade de corrente a uma certa profundidade em função do espaçamento da amostragem. Na figura 4 encontra-se apresentado o mapa de contorno gerado a partir da malha regular de 8 por 12 metros com as variações de densidade de corrente na área pesquisada.

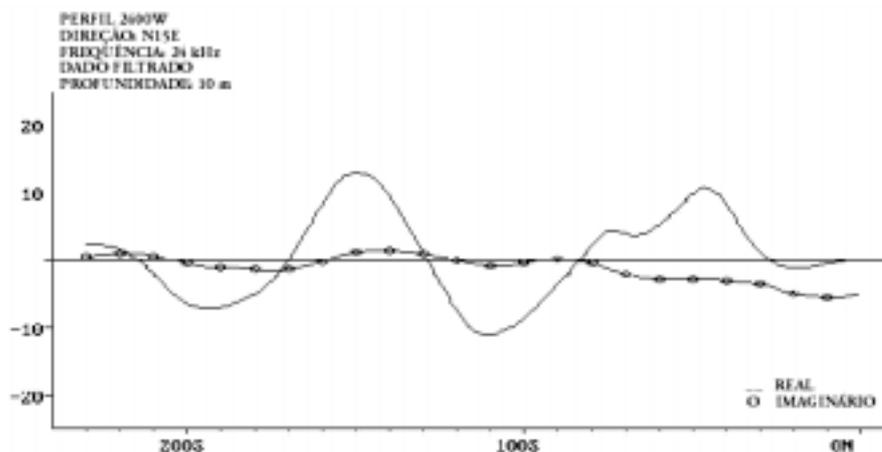


Figura 2: Perfil 2400W realizado segundo a direção N15°E mostrando o dado filtrado a uma profundidade de investigação de 10 metros com uma sintonia de 24kHz.

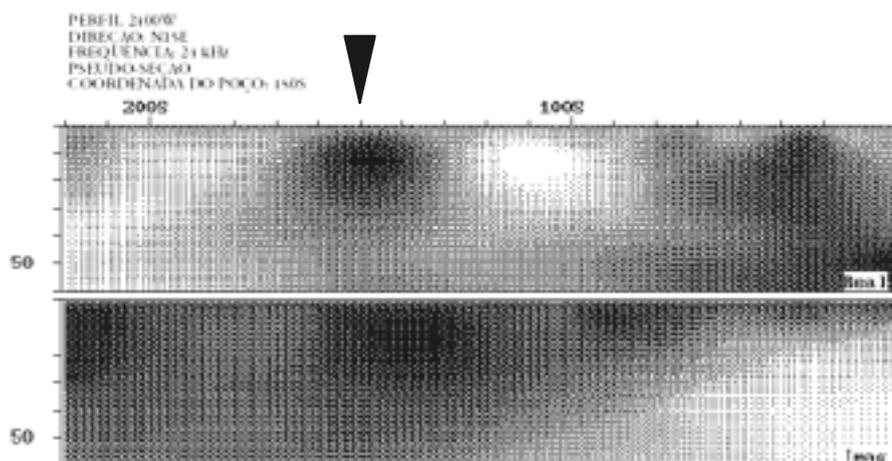


Figura 3: Pseudo-seção correspondente ao perfil acima, mostrando a posição em que foi perfurado um poço profundo, coordenada 150S.

## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A julgar pelas informações e dados aqui apresentados pode-se chegar aos seguintes resultados e conclusões: (1) a análise dos dados apresentados nas figuras 2 e 3 mostra de modo claro a presença de duas anomalias VLF nas estações de medida 45 S e 150 S; (2) as referidas anomalias podem igualmente ser observadas no mapa de contorno da figura 4, posicionada em torno da estação 150N e entre os perfis 1000W e 1015W; (3) o referido mapa apresenta ainda uma série de anomalias com indicação de continuidade e representando zonas condutoras; (4) existe uma boa correlação entre as orientações de fraturas medidas em campo e identificadas em imagens Landsat e fotografias aéreas com a orientação indicada pelas anomalias VLF, (5) a forte orientação N-S presente no mapa da figura 4 é correlacionável à foliação regional dos gnaisses como se observa na figura 1; (6) foi perfurado um poço até uma profundidade de 48 metros na anomalia VLF da estação de medida 150 S nas proximidades da linha 1000W que forneceu uma vazão testada de 24 horas de 14.400 litros/hora; (7) a metodologia aqui adotada responde de modo satisfatório para os fins prospectivos de água subterrânea na área em questão e (8) entre os quase 150 poços profundos catalogados no município de Canindé-Ceará, este foi o que apresentou maior vazão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cavalcante et al. – 1983 – Mapa geológico do Estado do Ceará. Brasília. DNPM/CPRM. Escala 1:500.000.  
Karous & Hjelt – 1983 – Linear filtering of VLF dip-angle measurements. Geophysical Prospecting 31:782-794.  
Schobbenhaus, C. et al. – 1984 – Geologia do Brasil. Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais. Escala 1:2.500.000. MME/DNPM, 501 p.

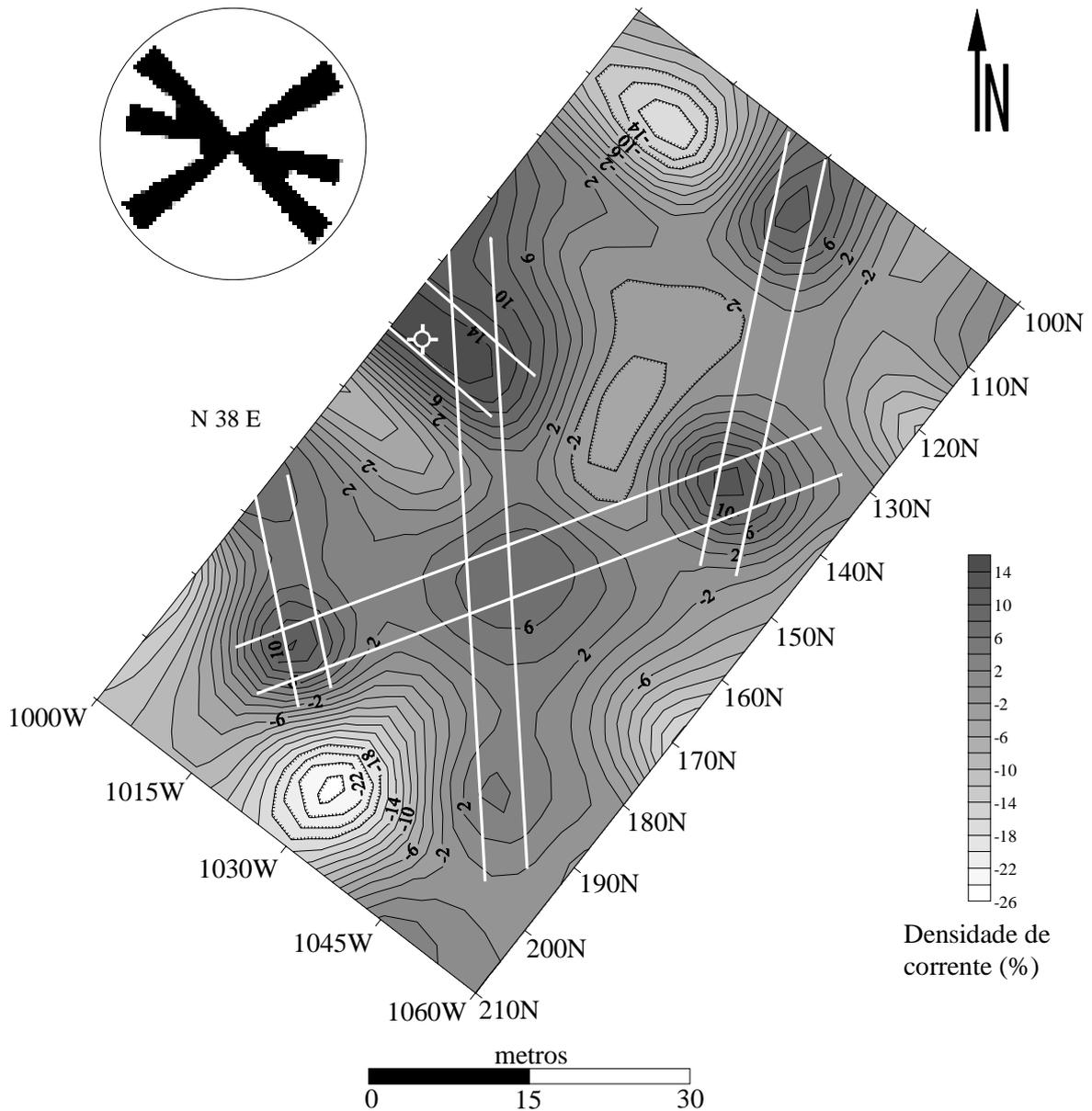


Figura 4: Mapa de densidade de corrente. A figura mostra ainda em linhas cheias a sugestão de orientação das anomalias detectadas, o diagrama de rosetas das fraturas medidas em campo e a localização de um poço profundo perfurado.