

APLICAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MÉTODO GEOFÍSICO VLF (*Very Low Frequency*) EM ÁREAS DE COBERTURAS SEDIMENTARES CENOZÓICAS DO CEARÁ, BRASIL

Walber Cordeiro¹ & José Márcio Lins Marinho²

Resumo - Cerca de 20km de perfis VLF, utilizando o equipamento Wadi – ABEM, foram executados sobre as coberturas cenozóicas da região metropolitana de Fortaleza, com a finalidade de localizar zonas de fraturas portadoras de água nessas coberturas, as quais repousam diretamente sobre as rochas cristalinas pré-cambrianas. Desse trabalho resultaram 50 locações de poços, das quais 23 contam com resultados avaliados através da perfuração de poços tubulares.

A comparação dos resultados das locações com a técnica VLF com 1168 locações, em condições geológicas semelhantes, realizadas por critérios variados, mostrou um desempenho superior da metodologia aqui utilizada com relação a vazão média obtida.

Palavras-chave - VLF, coberturas cenozóicas, geofísica.

INTRODUÇÃO

Os levantamentos empregando o método geofísico VLF (*Very Low Frequency*) fazem uso da propagação de campos eletromagnéticos gerados a partir de estações militares construídas para fins de comunicação com submarinos (Larsson, 1984). A metodologia VLF, que foi empregada inicialmente na prospecção mineral, vem sendo utilizada no Brasil com sucesso na prospecção de água subterrânea em rochas cristalinas, principalmente na região Nordeste onde, de forma sistemática, é utilizada

¹ Geólogo, Mestrando Dpto. de Geologia da UFC, Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará – COGERH, Av. João Pessoa, 3410 Apto. 312, Benfica – Fortaleza-Ce, Fone: (85) 281.1563 - e-mail – walberc@cogerh.com.br

² Prof. do Dpto. de Geologia da UFC, Campus do Picí, Bloco 912 – Fones: (85) 288.9867 e 288.9875 – Fax: (85) 288. 9874 – e-mail: marinho@ufc.br

desde o início da década de 90, através da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos) e mais recentemente por empresas privadas e outras instituições governamentais.

Tradicionalmente, este método geofísico restringe-se à prospecção em áreas de rochas cristalinas aflorantes ou sub-aflorantes, onde as coberturas (manto de intemperismo e sedimentos) não superem aos 10m e não sejam muito condutivos, pois a profundidade de penetração das ondas VLF depende da frequência da estação transmissora (15-30 kHz) e da condutividade do terreno, sendo a influência da condutividade, conhecida como *skin effect* mais importante, já que a variação das frequências VLF é muito pequena.

Levando-se em conta algumas características das áreas com coberturas cenozóicas no estado do Ceará, tais como, alta resistividade elétrica das primeiras camadas (solos arenosos), espessura quase sempre inferiores aos 40m e a atividade tectônica (atual), resultando na reativação das estruturas do embasamento cristalino sotoposto e no prolongamento destas para os sedimentos sobrepostos, levantou-se a hipótese da possibilidade da utilização do método VLF na localização de zonas de fraturas portadoras de água nas áreas de coberturas cenozóicas (principalmente Barreiras) e paleodunas que repousam diretamente sobre o cristalino.

LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS PESQUISADAS

As áreas pesquisadas neste trabalho compreendem os municípios de Aquiraz, Cascavel, Caucaia, Euzébio, Fortaleza e Maracanaú. A Figura 1 mostra a localização das coberturas cenozóicas no estado do Ceará, onde se pode visualizar a maior incidência destas no litoral, representadas principalmente pelo Grupo Barreiras (CTQB).



Figura 1- Mapa esquemático de localização das coberturas cenozóicas do estado do Ceará e da área pesquisada, modificado de Brandão (1995)

FISIOGRAFIA

CLIMA

A classificação climática de Köppen determina para a área um clima do tipo Aw: tropical chuvoso, quente e úmido, com estação chuvosa concentrada no outono, com precipitações acima dos 1000mm anuais.

A variabilidade climática da área é evidentemente de caráter pluviométrico, que tem em seu regime fortes variações temporais, quer anual com concentração das precipitações entre os meses de janeiro a junho, com mais de 90% da precipitação anual, quer interanual com ciclos de anos chuvosos intercalados por longos períodos de anos secos com redução da precipitação média anual em até 80%.

A temperatura média sofre pouca variabilidade sazonal, estando entre 26°C e 27°C no litoral.

A umidade relativa do ar atinge valores mais altos no trimestre mais chuvoso entre março e maio, com valores acima de 80% no litoral, com médias que ultrapassam os 70% nos períodos de estiagem.

A insolação atinge o número de horas máximo no mês de outubro, chegando a totalizar valores acima das 290 horas/mês o que nos dá uma média acima de 9 horas/dia de exposição solar direta, e em abril o número de horas cai para cerca de 5 horas/dia,

demonstrando que a região apresenta um bom índice de incidência solar ao longo de todo o ano.

Todo o conjunto das características climáticas descritas anteriormente favorece em muito as altos índices de evapotranspiração potencial que vão aos 1.608 mm/ano.

Bezerra (1995), na análise do balanço hídrico sazonal do litoral cearense, encontrou valores de déficit hídrico entre 600 e 850mm anuais nos meses que vão de junho a janeiro e um excedente hídrico no trimestre mais chuvoso (março a maio) valores inferiores a 400mm para Fortaleza e inferiores a 100mm nas outras áreas litorâneas.

VEGETAÇÃO

Os tipos de vegetação encontrados na área segundo Figueiredo (1995) são:

Complexo vegetacional da zona litorânea, subdividida em: a) Vegetação pioneira; b) Floresta à retaguarda das dunas; c) Vegetação dos tabuleiros litorâneos.

Floresta mista dicótilo-palmácea (mata ciliar de carnaúba, mulungu etc.)

SOLOS

Os tipos de solo mais comuns na área descritos por Leite & Marques (1995) são:

Areias quartzozas distróficas e marinhas

Podzólico vermelho – amarelado eutrófico e distrófico

HIDROGRAFIA

A hidrografia da área acha-se representada por um conjunto de pequenas bacias isoladas com uma rede de drenagem intermitente.

Uma característica marcante em relação aos recursos hídricos superficiais da área é a existência de um complexo sistema lacustre, resultante do afloramento do nível piezométrico do aquífero dunas-paleodunas.

GEOLOGIA DAS COBERTURAS SEDIMENTARES CENOZÓICAS

GRUPO BARREIRAS

Sedimentos areno-argilosos, não ou pouco litificados, de coloração avermelhada, creme ou amarelada, mal selecionados, de granulação de fina a média, com horizontes conglomeráticos e níveis lateríticos, sem cota definida, em geral associada à percolação de água subterrânea.

Esta unidade ocorre ao longo de toda a costa, margeando os sedimentos eólicos (dunas fixas, móveis e paleodunas) por vezes sotopostos a estes e em outras aflora na linha da praia em forma de falésias (Praias de Iparana, Diogo, entre outras).

Estes sedimentos estendem-se para o interior com larguras que variam em pouco mais de dois quilômetros próximo a Serra do Juá, no município de São Gonçalo do Amarante até cerca de 30km na porção oriental das bacias metropolitanas.

Não é incomum a ocorrência de exutórios no contato desta seqüência com os sedimentos arenosos das dunas, como observa-se nas Praias do Iguape, Prainha e das Fontes.

A espessura desta unidade dificilmente ultrapassa os 40m e sofre uma forte redução em direção ao interior.

COBERTURAS COLÚVIO-ELUVIAIS

Trata-se de sedimentos areno-argilosos de coloração alaranjada e/ou avermelhada, granulação fina a média, podendo ocorrer níveis mais grosseiros, inconsolidado e laterizado na base. A matriz é areno-argilosa caulínica, com cimento argiloso e/ou ferruginoso (Braga et al, 1981 in Brandão, 1995).

PALEODUNAS

Sedimentos eólicos mais antigos que sofreram processos de edafização, constituídos de areias bem selecionadas de granulação fina a média, às vezes siltosas, de coloração amarelada, alaranjada e acinzentada, de composição quartzosa e/ou quartzo-feldspática.

Esta unidade acha-se depositada discordantemente sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, ao longo da linha de costa e por trás das dunas recentes. A largura destes depósitos pode varia de 2-4km no litoral oeste de Fortaleza e chega a atingir 20km na porção leste, no município de Aquiraz. Dada a grande semelhança que apresenta em relação à fácies arenosos do Grupo Barreiras, torna-se difícil a distinção dos limites desta unidade, o que sempre leva a incorreções na confecção de mapas desta região.

GEOLOGIA ESTRUTURAL (A TECTÔNICA RECENTE)

Os estados do Ceará e Rio Grande do Norte, são atualmente, conhecidos pela quantidade de sismos ocorridos principalmente nas últimas décadas, o que vem despertando o interesse no estudo da atividade tectônica atuante nestas áreas.

A área estudada incorpora as quatro regiões com maior tradição em eventos sísmicos identificadas no Ceará, sendo caracterizado por Carneiro et al (1989) com a zona sísmica de Fortaleza, onde ocorrem sismos com magnitudes maiores que 4,0 mb, sendo que o maior deles teve seu epicentro no município de Pacajus em 1980, atingindo a magnitude máxima de 5,2 mb na escala Richter, com um total de 15 abalos.

As feições estruturais tectônicas desempenham um papel de grande importância no desenvolvimento de zonas aquíferas em rochas cristalinas (ígneas e metamórficas) as quais se desenvolvem ao longo da história geológica destas rochas, ou seja, através de diversos eventos tectônicos ocorridos no passado.

Vale salientar que os esforços tectônicos ainda são atuantes, reativando estruturas antigas e gerando novas, ou seja, modificando de forma contínua a crosta terrestre e afetando inclusive rochas mais recentes (Terciário e Quaternário).

Lucena & Queiroz (1996) afirmam que: *“Os estudos tectônicos em terrenos cristalinos e sedimentares antigos se confundem com a própria evolução da geologia como ciência, já as pesquisas geodinâmicas no contexto de áreas sedimentares cenozóicas ainda encontram-se em estágios iniciais no Brasil”*.

Estes autores desenvolveram pesquisas neotectônicas no litoral leste do estado do Rio Grande do Norte objetivando caracterizar uma estruturação tectônica que afeta o Grupo Barreiras de idade cenozóica, concluindo que o Grupo Barreiras é afetado por uma complexa estruturação cenozóica, sendo identificadas duas direções preferenciais de falhamentos: 60° Az e 135° Az.

Outros autores desenvolveram trabalhos de pesquisa no âmbito da neotectônica no litoral do Rio Grande do Norte, confirmando os efeitos da tectônica em sedimentos terciários e quaternários e destacando a importância de estudos nesta área de conhecimentos para o seu melhor entendimento e aplicação. Destes trabalhos merecem destaque alguns trechos.

Fonseca et al (1997) *“Este conjunto de feições permite a interpretação como elementos morfotectônicos, cujos(s) evento(s) está(ão) caracterizados no campo por deformações rúpteis e hidroplásticas em rochas sedimentares do Barreiras sedimentos aluvionais modernos, ou até “arenitos” eólicos na Praia da Pipa.*

A posição particular desta região em relação à margem continental sul-americana (Assumpção 1992) determina a atuação de um importante campo de tensões global compreensivo (par Cadeia Meso-Atlântica versus Cadeia Andina) interagindo com um campo regional distensivo (efeito da “face-livre” na margem continental).”

As evidências tectônicas já conhecidas e outras sugerem uma forte influência nos diversos ramos da hidrologia, em particular no das águas subterrâneas.

HIDROGEOLOGIA

A análise hidrogeológica da área limita-se ao levantamento de dados dos poços preexistentes, com profundidades superiores a 50m, de forma a garantir que a maioria destes estivessem atravessando toda a espessura do Barreiras e penetrando nas rochas cristalinas, compatibilizando estes dados com os dos objetos da pesquisa.

No intuito de coletar o maior volume de dados possíveis foi montado um banco de dados composto pelos cadastros de poços da FUNCEME (1989), CPRM (1998), SOHIDRA (1999) e PHD (1998), que após o cruzamento e a consistência das informações chegou-se a um número de 1.168 poços com dados de profundidade, vazão, nível estático e nível dinâmico.

A distribuição dos poços nos municípios pesquisados acha-se representada na Figura 2, onde se destaca o município de Fortaleza com 67,12% do total.

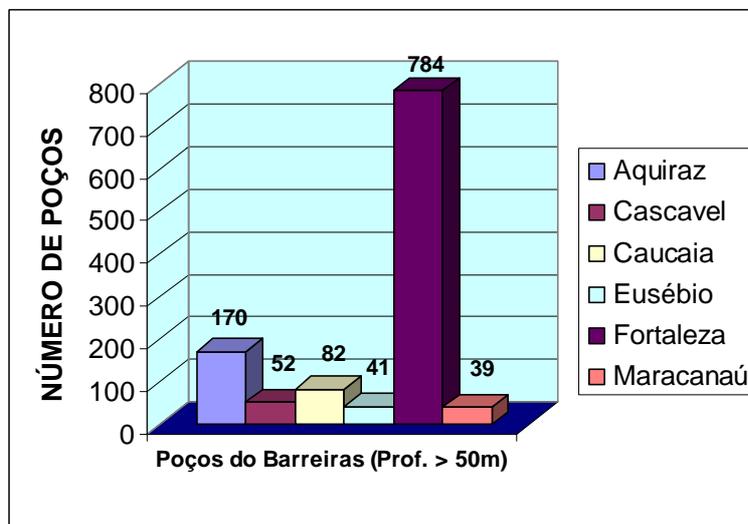


Figura 2. Distribuição dos poços que atravessam as litologias do Grupo Barreiras nos municípios da área pesquisada.

A profundidade média dos poços é de 62,79m com o máximo de 120m e o mínimo de 50,30m, e um desvio padrão de 10,09m, com o predomínio de poços de 60,00m.

Os níveis estáticos são em média inferiores a 10m (56,93%) e na grande maioria inferiores a 15m (85,27%).

Os níveis dinâmicos estão predominantemente com profundidades abaixo dos 40m (56,76%), e quando relacionados aos respectivos níveis estáticos ocasionam rebaixamentos inferiores a 20m em 55,74% dos poços.

A vazão média é de 2,84m³/h com o predomínio de poços com vazões abaixo de 3m³/h (62%) e apenas 2,31% superam os 10m³/h. O valor máximo encontrado foi de 25m³/h e os poços com vazões abaixo de 0,5m³/h perfazem um total de 8,56%. A Figura 3 apresenta a distribuição do número de poços e seus respectivos percentuais por intervalo de vazão.

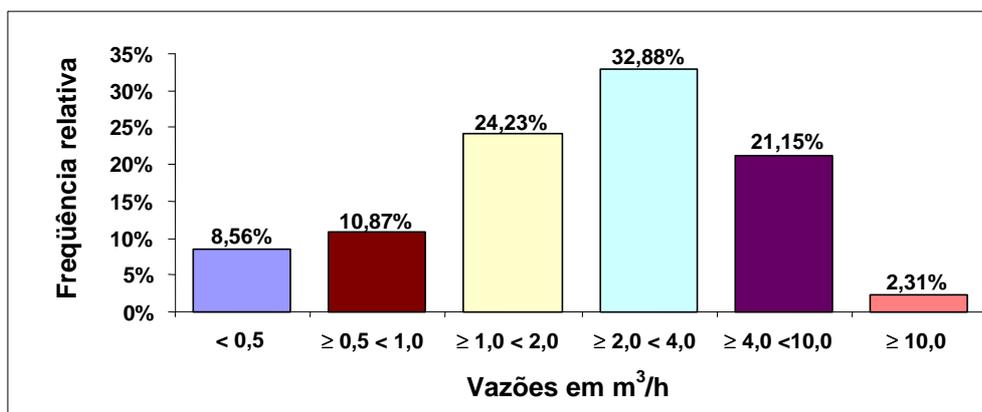


Figura 3. Histograma de frequência das vazões

A capacidade específica é geralmente inferior aos 0,100m³/h por metro de rebaixamento (56,5%), sendo seu valor máximo de 1,859m³/h.m e a média de 0,183m³/h.m, como mostra a Tabela 1.

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	PROF. (m)	Q (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	C _{esp.} (m ³ /h.m)
MÁXIMO	120,00	25,00	48,50	93,50	1,859
MÉDIA	62,79	2,84	9,65	37,46	0,183
DESVIO PADRÃO	10,09	2,61	6,04	12,68	0,277
MÍNIMO	50,30	0,00	0,20	6,00	0,000
NÚMERO DE AMOSTRAS	1.168	1.168	1.168	1.168	1.168

Tabela 1. Estatística dos dados dos poços da área pesquisada

As locações destes poços foram realizadas por critérios os mais variados, desde os empíricos na grande maioria, até aqueles que se utilizam da eletroresistividade.

DESENVOLVIMENTO DOS TRABALHOS

A escolha das áreas pesquisadas deu-se de forma aleatória, atendendo demandas ocasionais para a locação de 50 poços para entidades públicas e privadas, tanto em áreas urbanas quanto rurais e com dimensões que variaram de 0,5ha até algumas centenas. Os trabalhos se desenvolveram entre os anos de 1997 e 1999, quando foram executados mais de 20.000 metros de perfis ou caminhamentos VLF somente em regiões de sedimentos do Grupo Barreiras ou Paleodunas, os quais possuem características semelhantes na superfície, sendo quase impossível a individualização em campo, ou através de fotos aéreas e imagens de satélite.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para a prospecção hidrogeológica/geofísica das áreas foi conduzida de forma homogênea, procurando utilizar os mesmos recursos e o mesmo padrão de idéias formuladas no início da pesquisa, ou seja; foram utilizadas as seguintes concepções:

1) Os sedimentos cenozóicos (Barreiras/Paleodunas) possuem alta resistividade elétrica nas primeiras camadas (solos arenosos), permitindo uma boa profundidade de penetração para as ondas VLF.

2) Estas litologias possuem espessura máxima de 40m e repousam diretamente sobre as rochas do embasamento cristalino.

3) Os esforços tectônicos ainda estão atuantes na área, reativando estruturas antigas e gerando novas, inclusive afetando o Barreiras.

4) As zonas de fraturas prospectadas teriam direção NW-SE (ou próximo a este valor), por tratarem-se de estruturas distensivas (abertas) ou de alívio, com capacidade de armazenamento e circulação de água.

RECURSOS UTILIZADOS

1. Dados e Informações das Áreas

Adotou-se como condição essencial a busca de dados e informações de pesquisas hidrogeológicas e/ou geofísicas e dos poços próximos às áreas prospectadas, buscando o conhecimento prévio de suas potencialidades.

2. Utilização de Mapas Topográficos (Ministério do Exército–DSG/SUDENE; escala 1:100.000)

Na impossibilidade da obtenção de fotografias aéreas (material escasso atualmente) e de imagens de satélite (preços elevados), adotou-se a utilização de mapas topográficos, elaborados a partir de fotografias aéreas, com a utilização de aparelhos de restituição fotogramétrica de alta precisão. Estes mapas encerram uma grande quantidade de informações (topografia, drenagem, malha viária, coordenadas etc.) que facilitam os trabalhos de campo.

Neste trabalho evidenciou-se como fatores importantes na utilização dos mapas, os seguintes atributos:

- Facilidade de aquisição e baixo custo (\cong R\$6,00 por carta)
- Rapidez em localizar-se no campo, principalmente com a utilização de GPS (*Global Position System*).
- Fácil identificação das estruturas (falhas e fraturas), através da observação da rede de drenagem que está associada ao sistema geoestrutural (conceito de riacho – fenda) e alguns elementos topográficos que também marcam estas feições.

3. Os equipamentos utilizados

- O GPS Garmin 12 canais, para a localização exata das áreas no mapa topográfico, para a aproximação em campo das estruturas alvo da prospecção geofísica e para a amarração dos pontos identificados para a perfuração.

- A bússola para identificação das direções das estruturas e dos perfis VLF.

- O VLF ABEM-WADI para o levantamento das variações do campo eletromagnético VLF, provocado pela presença das estruturas (falhas e fraturas) de forma a localizá-las com precisão. Os perfis ou caminhamentos VLF foram executados com comprimento superior a 200m e com direção NE-SW, para cruzar transversalmente as fraturas de alívio NW-SE.

- O software SECTOR (executado em um notebook) para a filtragem dos dados VLF obtidos com o WADI e transferidos através de um cabo conectado ao notebook.

A utilização do SECTOR permite a filtragem dos dados VLF através do filtro desenvolvido por Karous & Hjelt (1983), tornando fácil à interpretação das anomalias VLF. Este software apresenta os resultados obtidos na forma de gráficos ou seções verticais, nos quais se visualizam algumas características físicas da estrutura pesquisada (profundidade, direção do mergulho e dimensões transversais), permitindo a escolha do melhor ponto para a perfuração do poço.

RESULTADOS

Das 50 áreas estudadas foram obtidos os dados de apenas 23 poços, pois alguns proprietários não chegaram a perfurar seus poços e em outros casos não se obteve conhecimento de qual empresa executou a obra, o que impossibilitou o acesso às informações.

PROSPECÇÃO VLF

A análise dos perfis VLF (curvas filtradas) demonstrou um padrão de comportamento onde suas componentes, real e imaginária apresentam-se suavizadas, diferindo das curvas obtidas em áreas de rochas cristalinas aflorantes (Figura 4). Este grau de suavização se dá pelo baixo valor de contraste entre as estruturas e a rocha encaixante, onde a relação entre os campos primário e secundário das ondas VLF não atingiu valores superiores a 10% (nas anomalias) em 92% das curvas de campo, sendo que os 8% restantes tiveram seus valores de anomalia aumentados pela presença de redes elétricas de alta tensão transversais a direção dos perfis e coincidentes com as zonas de fraturas.

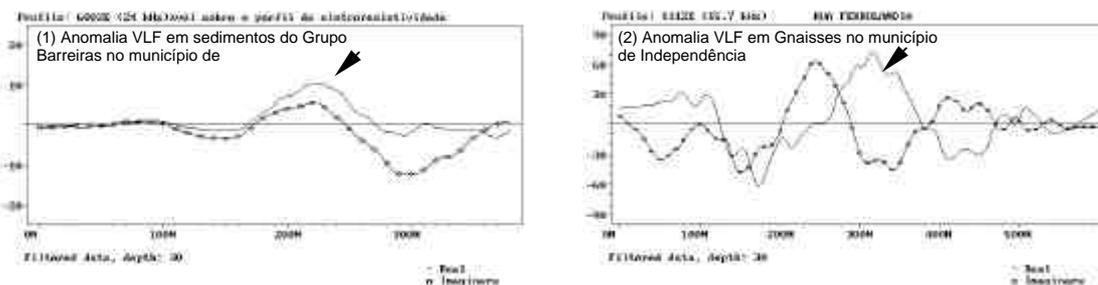


Figura 4. Diferença dos valores de anomalia VLF obtidos em áreas com coberturas sedimentares (1) e cristalinas (2).

As seções verticais (*cross section*) representam as anomalias VLF em profundidade de 0-60m, através de tons de cinza, possibilitando a visualização dos contrastes entre a rocha encaixante e as zonas de fraturas (anomalias). Nas áreas pesquisadas os contrastes são menores que os encontrados em áreas de rochas cristalinas aflorantes. A Figura 5 mostra claramente que os contrastes são mais evidentes nas áreas de rochas cristalinas (2) que nas áreas com coberturas sedimentares (1), referentes às curvas VLF da Figura 4.

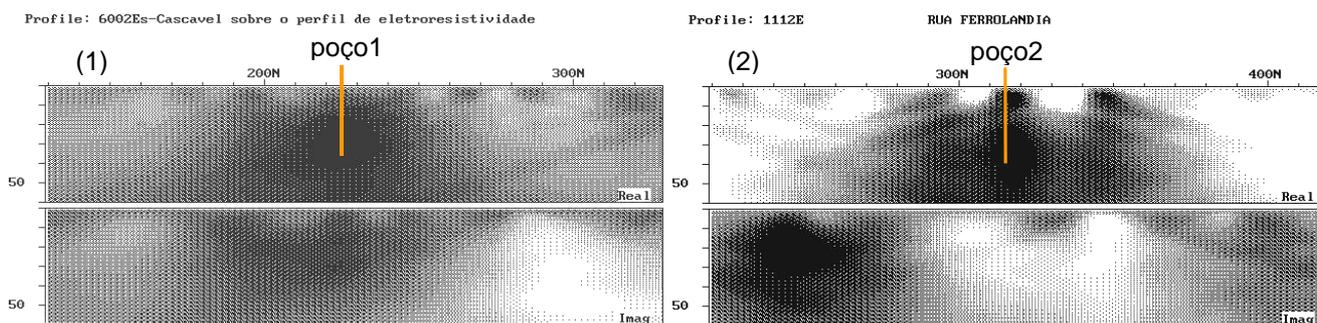


Figura 5. Seções verticais características de áreas com coberturas sedimentares (1) e cristalinas (2), com a indicação dos poços perfurados sobre as anomalias VLF. O poço1 tem profundidade de 49m, vazão de 4,6m³/h e capacidade específica de 0,418m³/h.m, e o poço2 a profundidade de 53m, vazão de 12,16m³/h e capacidade específica de 0,785m³/h.m.

RESULTADOS DOS POÇOS LOCADOS COM VLF

A distribuição dos 23 poços apresentada na Figura 6 mostra que a maior concentração dos trabalhos se deu no município de Fortaleza (43,48%).

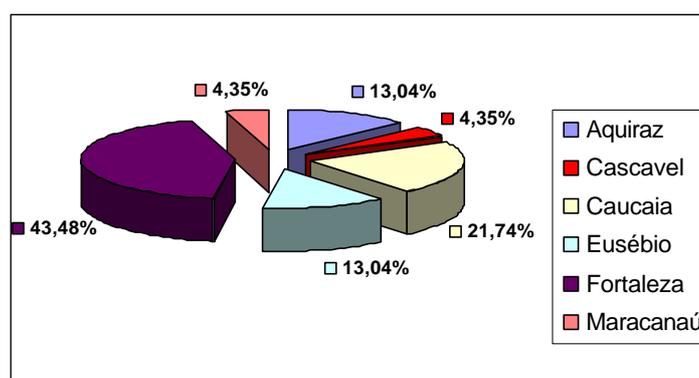


Figura 6. Distribuição dos 23 poços locados com VLF.

A profundidade máxima dos poços é de 80m, a média de 62,22m, o mínimo de 40m e o desvio padrão de 10,74m, com um predomínio de poços com profundidades iguais ou inferiores a 60m.

Os níveis estáticos são em média inferiores a 10m (52,17%) e na grande maioria (78,26%) inferiores a 15m.

Os rebaixamentos provocados durante o bombeamento dos poços foram predominantemente inferiores a 30m (69,57%) e em nenhum caso chegou aos 40m.

As vazões obtidas foram em média de 3,34m³/h, com um máximo de 12,77m³/h, com o predomínio de vazões iguais ou superiores a 2m³/h e nenhum poço obteve vazão menor que 0,5m³/h (Figura 7).

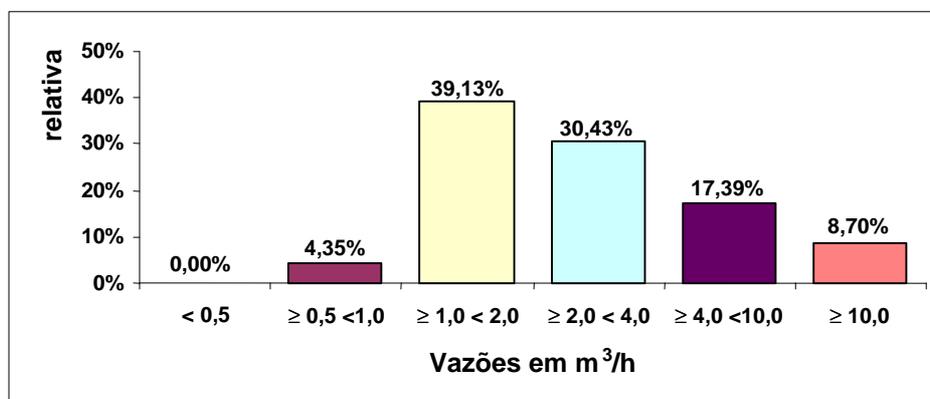


Figura 7. Histograma de frequência das vazões dos poços locados com VLF

A capacidade específica predominante está acima dos 0,100m³/h.m (52,17%) com valor máximo de 1,073m³/h.m com um valor médio de 0,178m³/h.m (Tabela 2).

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS	PROF. (m)	VAZÃO (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	Cesp (m ³ /h.m)
MÁXIMO	80,00	12,77	23,20	53,00	1,073
MÉDIA	62,22	3,34	9,63	33,12	0,178
DESVIO PADRÃO	10,74	3,10	6,05	9,75	0,227
MÍNIMO	40,00	0,68	1,50	16,00	0,030
NÚMERO DE AMOSTRAS	23	23	23	23	23

Tabela 2. Estatística dos dados dos poços locados com VLF em áreas

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

No desenvolvimento dos trabalhos foi observado que as dificuldades em localizar estruturas (zonas fraturadas) estavam sempre associadas à situação fundiária, ou seja, muitas vezes as zonas de fraturas principais estavam fora dos limites da área (no terreno do vizinho) restando, na área do cliente, estruturas de menor portes, que eram devidamente identificadas e sugeridas para a perfuração, mas sempre alertando aqueles proprietários que não se tratava da melhor opção da região e sim a melhor opção dentro do terreno que lhe pertencia. Estas dificuldades não são inerentes apenas ao método aplicado e sim a todos os processos de locação de poços em rochas fraturadas.

A comparação dos resultados das vazões dos poços existentes (Tabela1, Figura 3) com os dos poços locados com VLF (Tabela 2, Figura 7), mostra um ganho na vazão

media que passou de 2,84m³/h para 3,34m³/h e o deslocamento das vazões para valores acima de 1,0m³/h em 95,65% contra os 80,57% obtidos anteriormente, destacando-se também que em nenhum poço locado com VLF obteve-se vazão abaixo de 0,5m³/h.

Uma outra maneira de avaliar o desempenho da utilização desta metodologia em relação as locações convencionais reside no seguinte fato: nas áreas onde foram encontrados poços perfurados anteriormente e que não atendiam a demanda daqueles proprietários, por possuírem baixas vazões, os novos poços locados em zonas de fratura detectadas com o VLF, obtiveram sempre vazões superiores às anteriores. Como ilustração destas situações, apresentam-se os dados de uma área localizada no município de Fortaleza no bairro de Lagoa Redonda, com pouco mais de 10ha, onde existiam 5 poços que juntos totalizavam uma vazão de 7,67m³/h, sendo a vazão mínima de 0,58m³/h e a máxima de 4m³/h (Tabela 3), e de acordo com informação local, os poços estavam produzindo vazões bem abaixo das encontradas nos testes após a perfuração.

CÓDIGO	LOCAL	CONCL.	EXECUTOR	PROF. (m)	VAZÃO (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	C _{esp} (m ³ /h.m)
PHD01407 P-01	LAGOA REDONDA	28/06/93	PHD	70,00	0,58	21,00	42,00	0,028
PHD01590 P-02	LAGOA REDONDA	09/01/94	PHD	60,00	0,95	11,00	36,00	0,038
PHD01795 P-03	LAGOA REDONDA	17/11/95	PHD	60,00	1,20	11,00	39,00	0,043
PHD01796 P-04	LAGOA REDONDA	21/11/95	PHD	60,00	4,00	8,00	30,00	0,182
PHD02077 P-05	LAGOA REDONDA	14/03/98	PHD	60,00	0,99	11,00	40,00	0,034

Tabela 3. Relação dos poços existentes na área de Lagoa Redonda.

Na pesquisa da área em questão foi identificada na carta topográfica (DSG – SUDENE; escala 1:100.000) uma possível zona fraturada de direção NW-SE, associada a riachos e lagoas, o que foi comprovado com a realização de dois perfis VLF que identificaram uma zona fraturada principal (anomalia VLF) que cruzava o terreno no centro da área dos poços existentes, sendo que nenhum destes interceptava diretamente tal estrutura e somente o poço (P-04) estava associado a fraturas secundárias da borda SW da zona fraturada principal. A Figura 8 mostra a localização dos poços preexistentes (P-01 à P-05) e a zona fraturada detectada nos perfis 1 e 2, com os dois pontos sugeridos para a perfuração dos poços (VLF-1 e VLF-2).

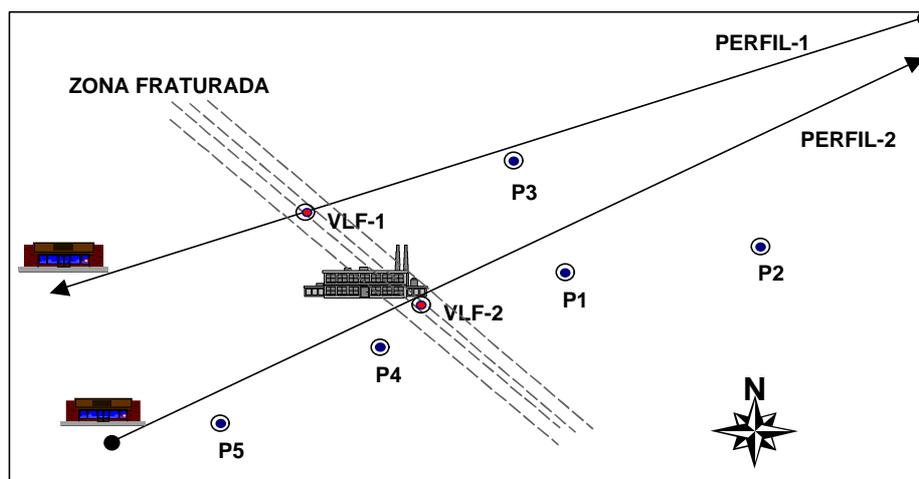


Figura 8 – Mapa esquemático da área de Lagoa Redonda no município de Fortaleza.

Das duas anomalias VLF detectadas foi priorizada para a perfuração a VLF-1 (Perfil-1) por apresentar largura e profundidade maiores que as do Perfil 2. A Figura 9 mostra a localização do poço perfurado sobre esta zona de fraturas (anomalia VLF), note que existe uma zona fraturada com centro no ponto 285N onde foi perfurado o poço, que interceptou-a à profundidade de 18m nos sedimentos do Grupo Barreiras e a 50m no embasamento cristalino.

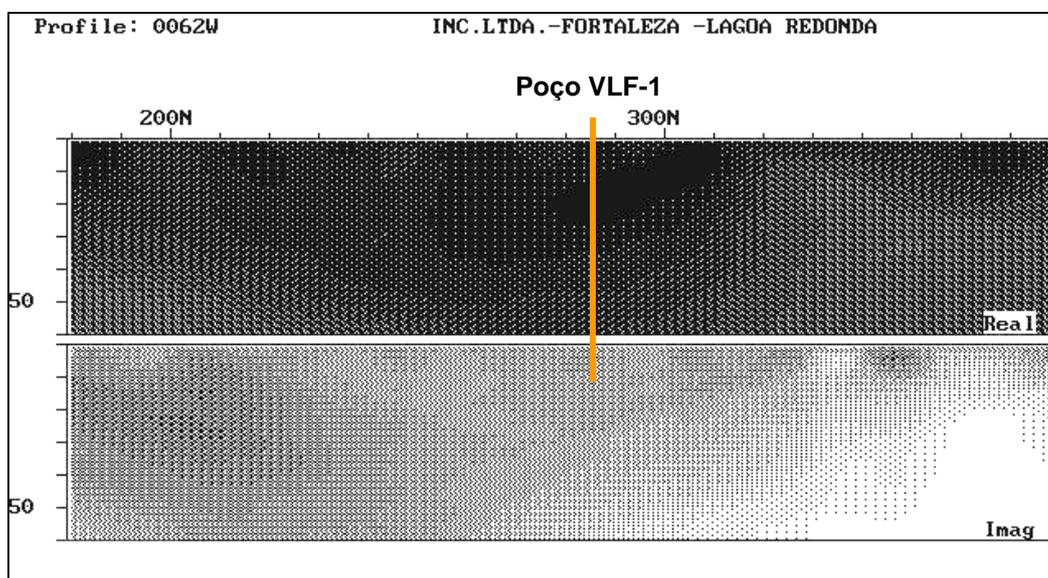


Figura 9. Seção vertical com a representação do poço perfurado sobre a anomalia VLF, interpretada como uma zona fraturada com cerca de 110m de largura e sub-aflorante.

O poço foi perfurado até a profundidade de 80m sendo revestido somente os primeiros 28m, o que indica a existência de sedimentos do Grupo Barreiras neste local. Os níveis com maior produção de água foram encontrados aos 18 e 50 metros e a vazão

obtida em teste de bombeamento de 24hs foi de 7,20m³/h para um rebaixamento de 32,53m e uma capacidade específica de 0,221m³/h. (Tabela 4)

CÓDIGO	LOCAL	CONCL.	EXECUTOR	PROF. (m)	VAZÃO (m ³ /h)	NE (m)	ND (m)	C _{esp} (m ³ /h.m)	Fraturas
IGUASON-06 VLF-1	LAGOA REDONDA	01/10/99	IGUASONDA	80,00	7,20	10,00	42,53	0,221	18 - 50

Tabela 4. Dados do poço perfurado sobre anomalia VLF em Lagoa Redonda

Concluindo, pode-se dizer que, apesar do resumido universo de dados adquiridos durante a execução deste trabalho, os resultados obtidos com o uso de VLF em locação de poços em áreas de cobertura sedimentares são animadores, justificando a continuação do mesmo na busca da ampliação e consolidação do conhecimento específico na difícil tarefa de “extrair água de pedras”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSUMPCÃO, M. – 1992 - FONSECA, V. P. da, MELO, F. T. L. de, BEZERRA, F. H. R., AMARAL, R. F. do & AMARO, V. E. – 1997 – Mapeamento Geológico – Geomorfológico (1:250.000) do Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte: Primeiros Resultados. – Fortaleza-CE – Anais do XVII Simpósio de Geologia do Nordeste: 378-381.
- BEZERRA, E. C. – 1995 – BALANÇO HÍDRICO. *In*: Ceará. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, 22p.
- BRAGA, A. de P. G., PASSOS, C. A.B., SOUZA, E. M. de et al, *in* BRANDÃO, R. de L. – 1995 – Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. Escala 1:100.000. Projeto SINFOR. CPRM. Fortaleza-CE. 34p.
- BRANDÃO, R. de L. – 1995 – Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. Escala 1:100.000. Projeto SINFOR. CPRM. Fortaleza-CE. 34p.
- CARNEIRO, C. D. R., HAMZA, V. M., ALMEIDA, F. F. M. de. –1989 – Ativação Tectônica, Fluxo Geotérmico e Sismicidade no Nordeste Oriental Brasileiro – Revista Brasileira de Geociências, São Paulo-SP, v.19, nº 3, p. 310-322.
- FIGUEIREDO, M. A. – 1995 – VEGETAÇÃO. *In*: Ceará. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, 22p.
- FONSECA, V. P. da, MELO, F. T. L. de, BEZERRA, F. H. R., AMARAL, R. F. do & AMARO, V. E. – 1997 – Mapeamento Geológico – Geomorfológico (1:250.000) do

- Litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte: Primeiros Resultados. – Fortaleza-CE – Anais do XVII Simpósio de Geologia do Nordeste: 378-381.
- KAROUS, M., HJELT, S. E. – 1983 – Linear filtering of VLF dip-angle measurements. *Geophysical Prospecting*, 31, p. 782-94.
- LARSSON, I. – 1984 – *Ground water in hard rocks* - Unesco – França, 228p.
- LEITE, F. de A. B. & MARQUES, J. N. – 1995 – SOLOS. *In: Ceará. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza. IPLANCE-SEPLAN, 22p.*
- LUCENA, L. R. F. de. & QUEIROZ, M. A. de. – 1996 - “Considerações Sobre Uma Tectônica Cenozóica Na Pesquisa E Prospecção de Recursos Hídricos - O Exemplo do Litoral Sul de Natal-Rn, Brasil”, - São Paulo-SP, - Anais do 9º Cong. Bras Águas Subterrâneas: 14-16.
- CPRM – 1999 – Atlas de Recursos Hídricos Subterrâneos do Ceará – CD-ROM