

# CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DE IRAUÇUBA, NORTE DO ESTADO DO CEARÁ, BRASIL.

*Liano Silva Veríssimo<sup>1</sup>*  
*Fernando A. C. Feitosa<sup>1</sup>*

## RESUMO

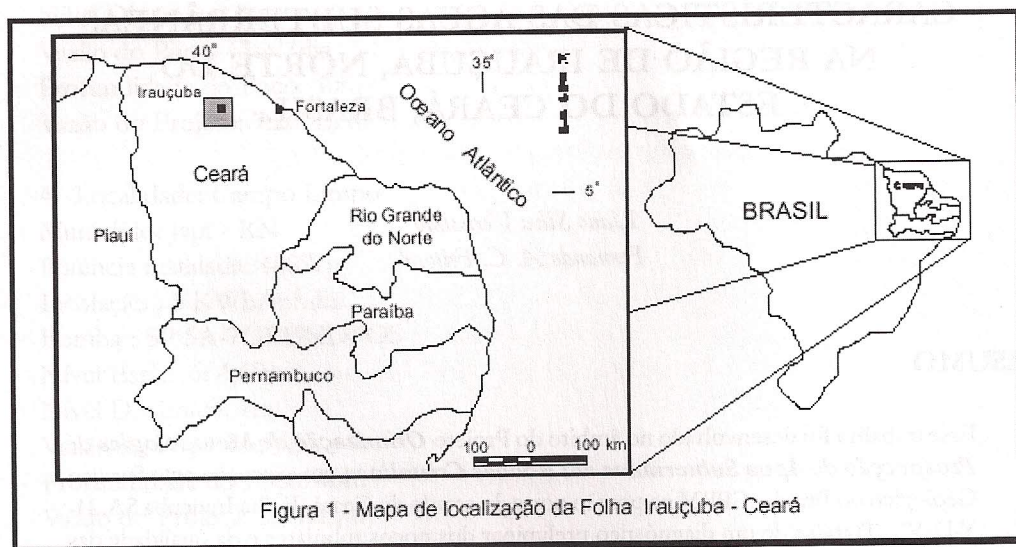
Esse trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto *Otimização de Metodologias de Prospecção de Água Subterrânea em Rochas Cristalinas*, em execução pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM na porção norte do estado do Ceará (Folha Irauçuba SA.24-Y-D-V). Trata-se de um diagnóstico preliminar dos poços tubulares e da qualidade das águas subterrâneas da região. Baseados nos dados de 203 poços e 60 análises físico-químicas de água, foi possível identificar algumas características dos níveis hidráulicos que influenciam na produtividade dos poços, identificar a qualidade das águas e a sua utilização para diversos usos.

## 1. INTRODUÇÃO

A área de trabalho abrange a Folha Irauçuba (SA.24-Y-D-V), localizada a 160 km de Fortaleza, delimitada pelos meridianos 39°30' e 40°00'W e pelos paralelos 3°30' e 4°00' S (figura 1). Engloba total e/ou parcialmente os municípios de Irauçuba, Itapagé, Itapipoca, Miraíma, Sobral, Tejuçuoca, e Uruburetama, com área de 3.025 km<sup>2</sup>. O acesso é feito a partir de Fortaleza através da rodovia federal BR-222, cortando toda a área na direção aproximadamente leste-oeste. Em seu extremo noroeste é servida pela rede ferroviária federal (RFFSA) no trecho que liga as cidades de Itapipoca e Miraíma.

Esse trabalho representa a fase inicial dos estudos hidráulicos e de qualidade de água do Projeto *Otimização de Metodologias de Prospecção de Água Subterrânea em Rochas Cristalinas*, onde já foi realizada a primeira etapa do Inventário de Pontos d'Água com o cadastramento de 203 poços tubulares e a realização de 48 novas análises físico-químicas de água, somando um total de 60 análises disponíveis. Constitui-se de um diagnóstico preliminar dos poços tubulares e da qualidade das águas subterrâneas, com o objetivo de auxiliar o aumento do conhecimento da hidrogeologia de rochas fissuradas, principalmente no aspecto salinização.

<sup>1</sup> Geólogos do Serviço Geológico do Brasil – CPRM - Residência de Fortaleza - Av. Santos Dumont, 7700 - 2º andar Fone (085) 265.1288 – CEP: 60.190-800 – Fortaleza/CE – e-mail: onail@secrel.com.br e ffeitosa@secrel.com.br



Os trabalhos estão sendo executados pela CPRM - Serviço Geológico do Brasil auxiliada por um convênio de cooperação técnica entre o Canadá e o Brasil, firmado através do GSC - *Geological Survey of Canadá* e CPRM com o apoio financeiro da CIDA - *Canadian International Development Agency*. Essa cooperação visa primordialmente a transferência de tecnologia, na forma de treinamentos, capacitação e importação de tecnologias ainda não disponíveis no país para auxiliar o desenvolvimento dos trabalhos. Além disso, o convênio Canadá-Brasil agregou uma série de parceiros, tanto a nível estadual como federal que estão contribuindo no desenvolvimento do Projeto.

## 2. ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

A geologia da Folha Irauçuba segundo SOUZA FILHO, 1998, é constituída por rochas do Pré-cambriano e depósitos aluviais. No âmbito das rochas pré-cambrianas, a unidade mais antiga é formada por rochas metamórficas de alto grau, predominando gnaisses migmatizados, metabasitos. A unidade seguinte constitui uma seqüência supracrustal essencialmente paraderivada, correlacionável ao Complexo Ceará, composta por gnaisses, xistos, quartzitos e metacarbonatos. Intrusivos nas seqüências descritas anteriormente ocorrem corpos, de dimensões variadas, de rochas plutônicas granulares, deformadas ou não, de composição granodiorítica a granítica e diques básicos mesozóicos. Como representantes cenozóicos existem delgadas e esparsas coberturas sedimentares residuais e/ou transportadas, predominantemente areno-conglomeráticas, e depósitos aluvionares recentes. As feições geomorfológicas e seu modelado são representados na folha por depressões periféricas e interplanálticas submetidas a processos de pediplanização (depressões sertanejas) e pelos maciços residuais dissecados em formas de colinas e cristas.

A área esta inserida no denominado "Polígono das Secas", com índice de probabilidade de secas na faixa de 80 a 100%. Apresenta três tipos de climas regionais, do mais seco ao mais úmido, devido à elevada compartimentação dos fatores geográficos que ocorrem para criar espaços climáticos altamente diferenciados. O clima úmido a subúmido ocorre na Serra de Uruburetama, com temperatura média anual de 24 °C e precipitação entre 1.200-1.500 mm.

Nas encostas de toda a serra de Uruburetama, o clima subúmido predomina com precipitações anuais entre 800-1.200 mm e temperatura média de 28 °C. A porção sul da Folha Irauçuba, denominada de zona de sombra da serra de Uruburetama, é caracterizada por um clima semi-árido, com precipitações anuais inferiores a 800mm e temperatura média de 30 °C.

A rede hidrográfica local é representada pelos rios Caxitoré, Aracatiaçú, Itapagé, Missi, Livramento e Riachão, que fluem somente durante a época das chuvas. O padrão de drenagem dominante é o dendrítico, controlado por fatores estruturais.

A vegetação predominante na maior parte da área é representada pela caatinga xerofítica de médio porte e tipo arbustiva-arbórea.

### 3. METODOLOGIA DE TRABALHO

Foi desenvolvido junto às entidades públicas e privadas, um levantamento das fichas técnicas dos poços tubulares e das análises físico-químicas, gerando um cadastro preliminar de 185 poços tubulares e 15 análises físico-químicas. Posteriormente foi realizada uma etapa de campo, (setembro e outubro/2000) com objetivo de verificar a consistência dos dados levantados e a obtenção de informações complementares e/ou novos dados. Em campo foram realizadas medidas de nível estático, pH, temperatura e condutividade elétrica das águas, bem como a coleta de informações sobre o estado e uso atual das obras de captação. Com a integração dos dados obtidos, atualizou-se o cadastro preliminar de poços, gerando o Catálogo Geral de Poços Tubulares da Folha Irauçuba, constituído de 203 poços tubulares. Durante uma etapa seguinte de campo (dezembro/2000), foram coletadas 45 amostras de água em poços tubulares, considerando critérios como: litologia, informação de vazão, facilidade na coleta e distribuição espacial; as quais foram encaminhadas ao laboratório central da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE, para a realização de análises físico-químicas. Com a integração dos dados obtidos, atualizou-se o cadastro preliminar de análises físico-químicas da Folha Irauçuba, totalizando 60 análises, cujos cálculos do balanço iônico realizados, revelaram que 80% (48) análises apresentam um nível de erro até 10%, limite máximo admissível. Após isto foram elaborados gráficos hidroquímicos (*Piper, Schoeller & Berkaloff*, e do *U.S. Sanility Laboratory*).

### 4. CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS

Por ser constituída de 90% de rochas cristalinas sem manto de alteração expressivo, a área de estudo, possui um baixo potencial hidrogeológico, tanto em termos quantitativos como qualitativos. A consistência dos dados levantados (203 poços) pode ser considerada como razoável, onde 77,4% dos poços apresentam dados de profundidade, 41,6% tem dados de vazão e 18,1% apresentam dados completos. Com relação à distribuição desses poços por domínios hidrogeológicos, verificou-se que todos se encontram no domínio das rochas cristalinas. Baseado nos dados disponíveis foi realizado estudos, objetivando verificar a forma de distribuição de alguns parâmetros e a existência de correlações entre eles.

#### 4.1 PROFUNDIDADE DOS POÇOS

A profundidade dos poços (157 valores), varia de 7 a 100 m. O histograma apresenta uma distribuição normal, com valor médio de 60,42 m, mediana de 60 m e tem 78,3% dos valores entre 40 e 70 m (Figura 2).

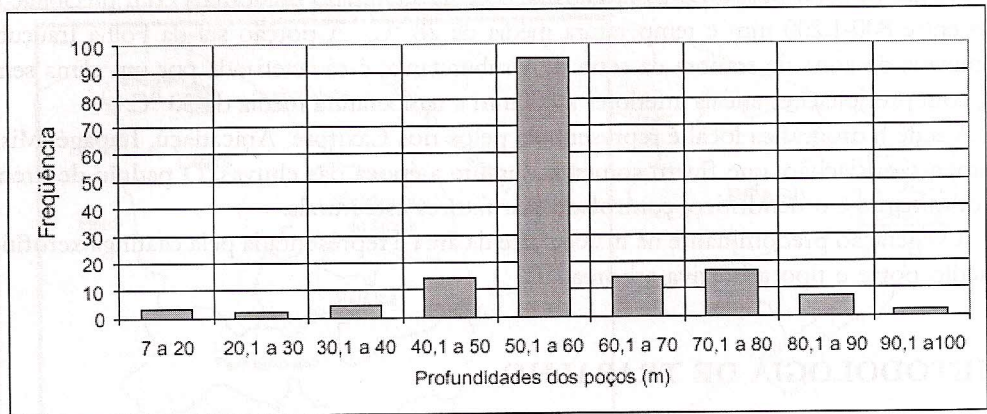


Figura 2- Histograma de freqüência da profundidade de poços - (Cristalino geral)

#### 4.2 NÍVEL ESTÁTICO

A profundidade do nível estático das águas subterrâneas (99 valores), varia entre 1 e 26 m. Apresenta uma distribuição do tipo lognormal, com valores mais freqüentes entre 3,1 e 6,0 m (Figura 3). A profundidade mediana é de 6 m e a moda é igual a 5 m, indicando níveis de água relativamente rasos. Os poços localizados nos municípios (Uruburetama, Miraíma, Itapipoca e Itapagé) no sentido centro-norte da folha, apresentam valores de nível estático baixos (1,2 a 4,5 m) e os municípios (Irauçuba, Tejuçuoca e Sobral) situados no centro-sul, possuem valores maiores (7,4 a 9,8 m), sugerindo uma influência da precipitação, já que na parte norte da folha apresenta-se valores maiores (850 mm) e na parte sul valores menores (550 mm).

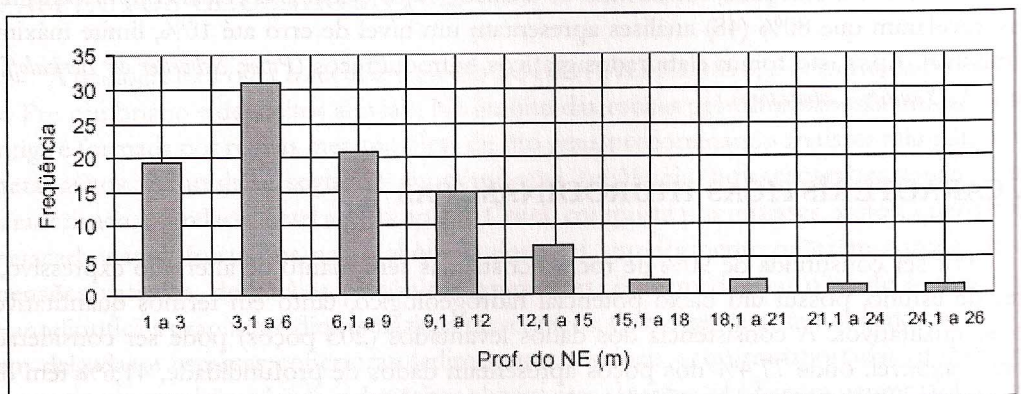


Figura 3 – Histograma de freqüência do nível estático (Cristalino geral)

#### 4.3 NÍVEL DINÂMICO

A profundidade do nível dinâmico (37 valores) varia entre 6 e 60 m, com níveis mais freqüentes oscilando entre 33,1 a 42 m e os mais profundos entre 50,1 a 60 m. A distribuição da freqüência é aleatória (Figura 4), com valor médio de 33,3 m e mediana de 37 m.

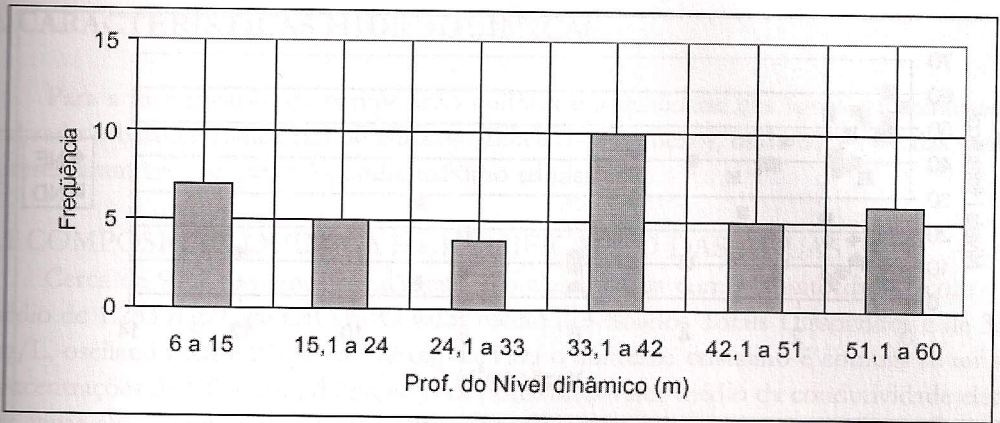


Figura 4 - Histograma de frequência do nível dinâmico (Cristalino geral)

#### 4.4 VAZÃO

A vazão dos poços (85 valores), oscila entre 1 a 15 m<sup>3</sup>/h, com valores mais frequentes entre 0,1 a 2,0 m<sup>3</sup>/h. Apresenta uma distribuição lognormal (Figura 5), descaracterizando o valor médio de 2,15 m<sup>3</sup>/h, e tem mediana de 1,2 m<sup>3</sup>/h. A produtividade dos poços é muito variável. As vazões mais frequentes (88% dos poços), ocorrem no intervalo de 0,1 a 4,0 m<sup>3</sup>/h, identificando uma produtividade muito fraca. A seguir em ordem decrescente de frequência, ocorrem valores de produtividade fraca a média (8%) e do tipo elevada (4%). Foram realizadas correlações logarítmicas entre a vazão e os níveis hidráulicos (nível estático e dinâmico) com o seguinte resultado:  $r = 0,307$  (baixa correlação) e  $r = 0,737$  respectivamente, sendo o nível dinâmico o mais sugestivo a existência de uma correlação com a vazão (Figura 6).

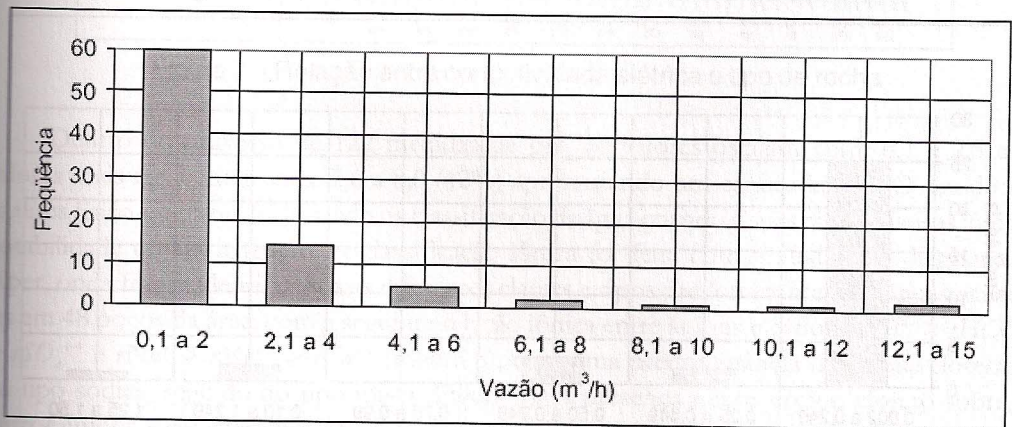


Figura 5- Histograma de frequência da vazão dos poços - (Cristalino geral)

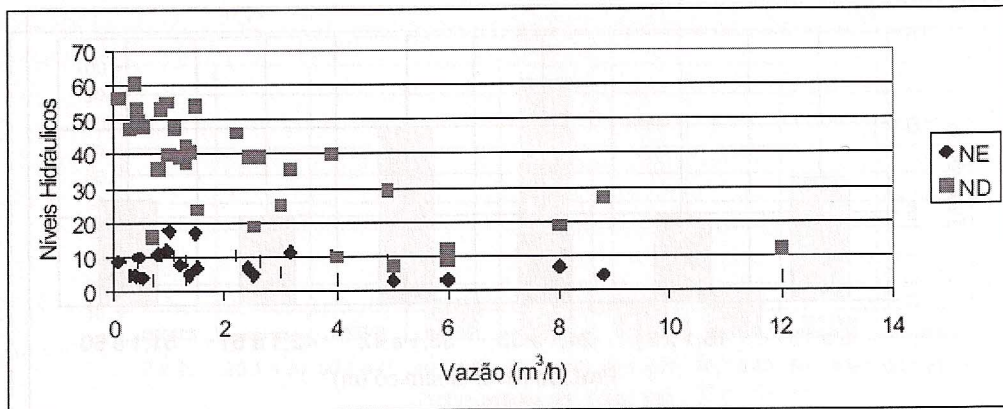


Figura 6- Correlações entre os níveis hidráulicos e vazão

#### 4.5 CAPACIDADE ESPECÍFICA

A capacidade específica de 33 poços localizados na área, oscila de 0,002 a 1,50 (m<sup>3</sup>/h)/m. O histograma de freqüência (Figura 6) mostra uma distribuição do tipo lognormal, descaracterizando o valor médio de 0,232 (m<sup>3</sup>/h)/m. A mediana é 0,06 (m<sup>3</sup>/h)/m e os valores mais freqüentes oscilam entre 0,002 a 0,249 (m<sup>3</sup>/h)/m, representando 75,7% dos poços. As relações “profundidade dos poços com sua produtividade”, mostraram que os de menores profundidades (25 a 50 m) tem melhores valores de capacidade específica por metro perfurado, com média de 0,54 (m<sup>3</sup>/h)/m. Os outros intervalos de 51 a 60 m e maior que 60 m, apresentam médias de 0,18 e 0,04 (m<sup>3</sup>/h)/m respectivamente. Esses resultados vêm indicar que a possibilidade de se obter uma melhor vazão em poços com maior profundidade, (maior que 50,0 m) na área em estudo, é menor. Ou seja, podemos afirmar que 89,8% da variação total das capacidades específicas podem ser explicadas pela variação em suas profundidades; os 10,2% são atribuídos a outros fatores.

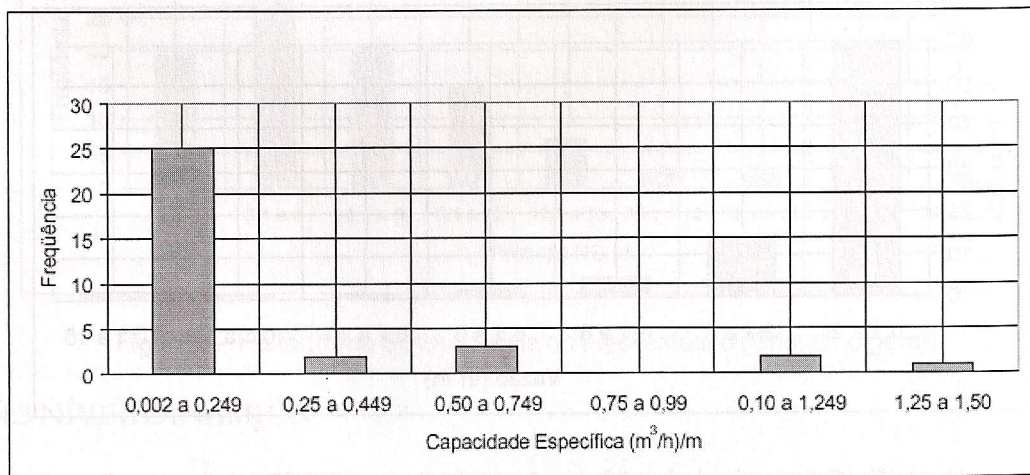


Figura 6 - Distribuição da capacidade específica

## 5. CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS

Para a identificação da composição química e a qualidade das águas subterrâneas foi realizado o balanço iônico nas 60 análises (Tabela 1- ver anexo), onde 80% (48) das análises apresentaram erro de até 10%, limite máximo admissível.

### 5.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

Cerca de 99% das amostras d'águas, são classificadas como “muito dura”, com valor médio de 1.253 mg/L de  $\text{CaCO}_3$ . O valor médio dos Sólidos Totais Dissolvidos é de 3.060 mg/L, oscilando entre 217 e 13.392 mg/L. Para o contexto cristalino é comum se ter altas concentrações de STD, com destaque para cloretos. O valor médio da condutividade elétrica das águas em 123 poços tubulares é 4.935  $\mu\text{S}/\text{cm}$  com 96,7% situando-se acima de 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Foi observado que as águas dos poços localizados em terrenos de rochas do tipo mármore, ortognaisse e grande parte de paragnaisse apresentam altos valores de condutividade elétrica, oscilando entre 2.000 e 21.600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Valores relativamente baixos são encontrados em águas dos poços localizados em terrenos de rocha do tipo granitóide, oscilando entre 250 e 10.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . (Figura 7).

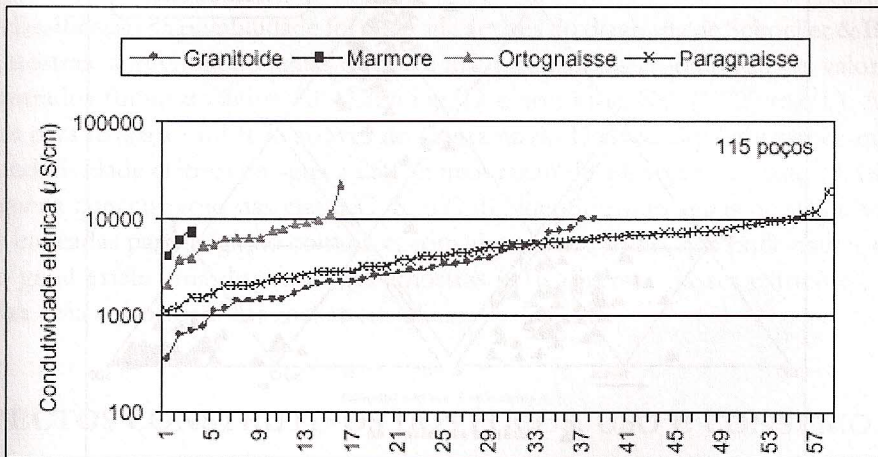


Figura 7 – Relação entre condutividade elétrica e tipo de rocha

Dentro do universo de 122 medidas de pH, os valores oscilam entre 6,1 e 9,5 com valores mais freqüentes entre 7,6 a 8,0 (42%) apresentando um caráter básico. O estudo das análises físico-químicas foi baseado na classificação da água quando a suas características iônicas, potabilidade e para irrigação. A classificação iônica foi feita com o auxílio do diagrama de Piper, onde foram identificados as diferentes classes e tipos predominantes das águas existentes em 48 poços da área, com a seguinte relação iônica entre ânions e cátions:  $r\text{Cl}^- > r\text{HCO}_3^- > r\text{SO}_4^{++} > r\text{Na}^+ > r\text{Mg}^{++} > r\text{Ca}^{++}$  (Figura 8), com uma predominância das águas cloretadas do tipo sódica, seguido do tipo mista (Figura 9). A presença maior do íon cloreto sobre os outros ânions é característica de águas continentais e também em função dos litotipos locais, pois a região concentram-se na sua totalidade de rochas cristalinas.

Águas cloretadas são aquelas com concentrações de Cl igual ou superior a 50% do total, dos ânions representando 89,5% das amostras analisadas (Tabela 2). Nesta classe predomina os tipos sódicos, seguidos pela mista. Existe uma concentração maior dessa classe nos municípi-

os de Tejuçuoca e Irauçuba. Os valores médios dos STD e pH são de 3,419 e 7,65 mg/L respectivamente. As águas bicarbonatadas são aquelas cuja predominância é igual ou superior a 50% do ânion bicarbonato sobre os demais, representada por 6,3% das amostras analisadas, com total predominância do tipo sódica. As águas mistas são aquelas situadas na parte central dos diagramas triangulares, pois não apresentar concentração superior de um ânion qualquer sobre os demais. Elas constituem 4,2% das amostras analisadas, com representatividade para o tipo sódica.

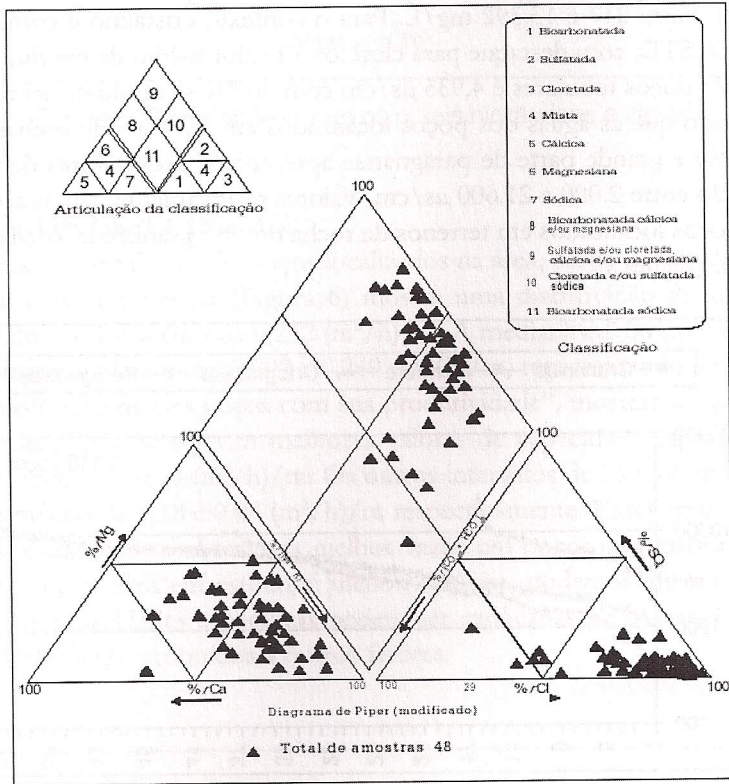


Figura 8 – Fácies químicas da águas subterrâneas da Folha Irauçuba

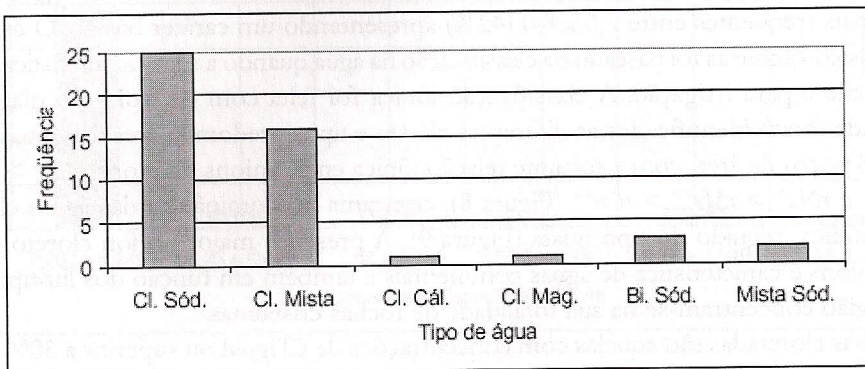


Figura 9 - Histograma de freqüência dos tipos de água



Tabela 2 - Classificação iônica das águas subterrâneas

Classe		No. de Amostras	Frequência Relativa (%)
<b>Água cloretada</b>		43	89,5
Sódica	25		(58,2)
Magnesiana	1		(2,3)
Cálcica	1		(2,3)
Mista	16		(37,2)
<b>Água bicarbonatada</b>		3	6,3
Sódica	3		4,2
<b>Água mista</b>	2		
Sódica	2		
<b>Total de amostras</b>		48	100

## 5.2 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

A classificação da potabilidade foi realizada através do diagrama de Schoeller & Berkaloff, em 48 amostras, apresentando águas de boa e má qualidade físico-química. Os valores maiores encontrados foram do ânion  $\text{Cl}^-$  (3.726 mg/L) e do cátion  $\text{Na}^+$  (1.790 mg/L). A classificação das para irrigação foi feita através do diagrama do U.S. Sanility Laboratory, que relaciona a condutividade elétrica da água à 25°C com a razão de adsorção de sódio (RAS). Existe uma pequena concentração nas classe  $\text{C}_4\text{-S}_2$  e  $\text{C}_5\text{-S}_3$ , identificando águas de salinidade muito alta, não indicadas para irrigação comum e, com alto teor de sódio, que pode causar danos ao solo. No geral existe uma dispersão das amostras pelas diversas classes existentes, fato que caracteriza uma anisotropia das rochas cristalinas.

## 6. ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS POÇOS, USO E CONSUMO

Através do Catálogo Geral de Poços Tubulares da Folha Irauçuba, foram identificados 59 poços perfurados desde 1973 até 2000. Grande parte dos poços foram perfurados pelo sistema de rotopneumática, com profundidade média de 60,4 m, e diâmetros de 8 polegadas revestidos em 6". Os equipamentos mais utilizados na exploração são o cata-vento (51 poços) e o moto-bomba (49 poços). Quanto ao uso de dessalinizadores, muito comum na área devido aos altos teores de sais, foram encontrados 12 em funcionamento e 1 desativado.

Quanto à situação atual (abandonado, desativado, em uso e não instalado), em 199 poços, 35,6% (71) estão abandonados e/ou desativados e 64,3% em uso e/ou não instalados. Quanto ao seu aproveitamento (141 poços), foram identificados 139 (98,6%) para usos múltiplos (abastecimento humano, limpeza, lazer e animais), distribuídos em dois tipos: público (100) e privado (48) e, 2 (1,4%) utilizados na indústria e irrigação.

A maioria da população urbana dos três maiores municípios da área - Irauçuba, Itapagé e Tejuçuoca - (35.000 hab. aproximadamente) é abastecida através de uma rede de distribuição de água, ligada a diferentes adutoras, as quais recebe água de açudes dentre os quais o Açude Jerimum é o mais importante. Atualmente o volume aduzido para esta população é aproxi-

madamente de 175.000 m<sup>3</sup>/mês, onde a média de consumo é de 116,6 L/hab./dia. A população rural nesses três municípios (27.000 hab. aproximadamente) é a que mais se utiliza na captação de água através dos poços profundos. Considerando o valor da mediana de 1,2 m<sup>3</sup>/h para a vazão dos 87 poços em uso, pode-se inferir hoje para toda a área do projeto, uma exploração d'água de 104,4 m<sup>3</sup>/h ou 835,2 m<sup>3</sup>/dia para um bombeamento de 8h/dia; podendo abastecer uma população de 8.352 habitantes consumindo 100 L/hab./dia. A partir desse dado podemos observar que existe um déficit de 281 poços com esta mesma vazão para a região. Colocando-se mais os 41 poços não instalados em funcionamento, teríamos mais 393,6 m<sup>3</sup>/dia, (3.936 pessoas), num total de 12.288 pessoas abastecidas ou 45,5% da população rural.

## 7. CONCLUSÕES

- A área de estudo é constituída em 90% de rochas cristalinas sem manto de alteração expressivo, possuindo um baixo potencial hidrogeológico, tanto em termos quantitativos como qualitativos;

- A profundidade dos poços varia de 7 a 100 m, com valor médio de 60,42 metros e mediana de 60 m.

- A distribuição dos valores do nível estático é do tipo lognormal, com níveis mais freqüentes oscilando entre 3,1 e 6,0 metros e os mais profundos entre 20,0 e 26,0 metros. Os poços localizados nos municípios da parte norte da área, apresentam nível estático rasos do que os localizados na parte sul da área, sugerindo uma influência da precipitação, já que na parte norte da folha chove mais (850 mm) que na parte sul (550 mm);

- A distribuição de vazões é do tipo lognormal, com valores mais freqüentes oscilando entre 0,10 a 2,0 m<sup>3</sup>/h e, sua correlação logarítmica com os níveis hidráulicos (nível estático e dinâmico), tem coeficientes de 0,307 e 0,737 respectivamente, sendo o nível dinâmico o mais sugestivo a existência de uma correlação com a vazão.

- A distribuição dos valores do nível estático é do tipo lognormal, com níveis mais freqüentes oscilando entre 3,1 e 6,0 m, e os mais profundos entre 20,0 e 26,0 metros. Os poços localizados nos municípios da parte norte da área, apresentam nível estático mais rasos do que os localizados na parte sul, sugerindo uma influência da precipitação, já que na parte norte da folha chove mais (850 mm) que na parte sul (550 mm);

- A distribuição dos valores da capacidade específica é do tipo lognormal, com níveis mais freqüentes entre 0,002 a 0,249 (m<sup>3</sup>/h)/m, representando 75,7% dos poços. A relação profundidade do poço X produtividade, mostrou que poços de menor profundidade (25 a 50 m) apresentam melhor capacidade específica por metro perfurado, indicando que a possibilidade de melhores vazões em poços de maior profundidade, é menor;

- As águas subterrâneas mostraram altas concentrações de STD, com destaque para cloretos. O valor médio da condutividade elétrica é de 4.935  $\mu$ s/cm com 96,7% situando-se acima de 1.000  $\mu$ s/cm. As águas dos poços localizados em terrenos de rochas do tipo mármore, ortognaisse e grande parte de paragnaisse apresentaram altos valores de condutividade elétrica, oscilando entre 2.000 e 21.600  $\mu$ s/cm.

- Apresentam uma relação iônica entre ânions e cátions com  $rCl^- > rHCO_3^- > rSO_4^{--}$  e  $rNa^+ > rMg^{++} > rCa^{++}$ , com uma predominância da classe cloretada, seguida da bicarbonatada e mista. Em geral são de qualidade passável a má para o consumo humano e agrícola;

· Quanto ao aspecto construtivos dos poços, grande parte foram perfurados pelo sistema de rotopneumática, com profundidade média de 60,4 m, e diâmetros de 8' revestidos em 6', onde o equipamento mais usado é o cata-vento e moto-bomba;

· Quanto à situação atual dos poços, em 199 poços, 35,6% (71) estão abandonados e/ou desativados e 64,3% em uso e/ou não instalados. São 139 (98,6%) para usos múltiplos e 2 (1,4%) utilizados na indústria e irrigação. A população rural da região é a que mais se utiliza a captação de águas subterrâneas, através de poços profundos, explorando aproximadamente 835,2 m<sup>3</sup>/dia, bombeando 8h/dia, mostrando que existe um déficit de água para a região.

## 8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- SOUZA FILHO, O. A. de, - 1998. *Geologia e mapa de previsão de ocorrência de água subterrânea – Folha AS.24-Y-D-V – Irauçuba, Ceará*. Dissertação de Mestrado – Departamento de geologia, escola de Minas – UFOP. Minas Gerais. 99 p. il.
- TRIOLA, M. F. - 1999. *Introdução à estatística* – LTC Editora. 7ª. edição. 99 p. il.
- FEITOSA, F.A.C; SOUZA FILHO, O.A.de; VIEIRA, A.T.; VASCONCELOS, S.M.S – 1998. *Caracterização Hidrogeológica da Região de Irauçuba – CE – SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, ABAS, Anais, p. 35-46, il.*