

## ASPECTOS QUALITATIVOS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - CE

Itabaraci Nazareno Cavalcante<sup>1</sup>, Liano Silva Veríssimo<sup>2</sup> e  
Aldo da Cunha Rebouças<sup>3</sup>

**Resumo** - O trabalho apresentado constitui-se de dados sobre qualidade das águas subterrâneas resultante da pesquisa hidrogeológica realizada na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará.

Tem como objetivo contribuir para o conhecimento do problema da qualidade da água e conservação dos mananciais subterrâneos.

A metodologia de trabalho constou da pesquisa bibliográfica e cadastro das análises físico-químicas (1.478) e bacteriológicas(1.073) no âmbito da RMF.

Na área existem quatro (04) sistemas aquíferos: Dunas/Paleodunas, Barreiras, Aluviões e Meio Cristalino.

No geral as águas são cloretadas sódicas, com boa qualidade química, mas possuindo problemas quanto a qualidade bacteriológica, em função da presença de coliformes fecais, com predominância da bactéria *Eschirichia coli*.

### INTRODUÇÃO

O trabalho apresentado constitui-se de dados sobre qualidade das águas subterrâneas, resultante da pesquisa hidrogeológica realizada na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Busca oferecer informações sobre a qualidade das águas subterrâneas para que, integradas a realidade da área metropolitana possa, de maneira

---

<sup>1</sup> Geólogo (Dr.) - Professor do DEGEO - Universidade Federal do Ceará - Rua Conselheiro Galvão, 80 - BL 1 - 102 - Maraponga - Telefax: (085) 292.5663 - 60.710-100 - Fortaleza-CE

<sup>2</sup> Geólogo - Serviço Geológico do Brasil - CPRM - Fortaleza-CE - Av. Santos Dumont, 7700 - 2ºandar - Fone (085) 265.1288 - 60.150-1630 - Fortaleza-CE

<sup>3</sup> Geólogo (Dr.) - Professor do Instituto de Geociências/Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas - CEPAS/USP - Telefone: (011) 818.4146 - Fax: (011) 818.4207 - São Paulo - SP

objetiva, contribuir para o conhecimento do problema da qualidade da água e incrementar uma política de uso e conservação dos mananciais subterrâneos.

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E ASPECTOS FISIOGÁFICOS**

A área de estudo está situada na porção nordeste do Estado do Ceará, Região Nordeste do Brasil, abrangendo totalmente a Região Metropolitana de Fortaleza. Ocupa uma superfície de 3.483 km<sup>2</sup> composta pelos municípios de Aquiraz, Eusébio, Fortaleza, Guaiúba, Pacatuba, Itaitinga, Maranguape, Maracanaú e Caucaia (Figura 1).

As condições climáticas na área caracterizam-se por elevadas temperaturas que oscilam entre 33 a 23 °C, baixas amplitudes térmicas, baixos índices de nebulosidade, forte insolação, elevadas taxas de evaporação e marcante irregularidades das chuvas no tempo e no espaço (1.400 a 900 mm/ano).

A morfologia da área é dividida em quatro domínios bem diferenciados, segundo BRASIL (1981) e SOUZA (1995) que são: Planície Litorânea, Glacis Pré-Litorâneos, Depressão Sertaneja e Maciços Residuais.

A vegetação constitui-se em sete (7) tipos: Complexo Vegetacional da Zona Litorânea; Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular, Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial, Floresta Caducifólia Espinhosa, Caatinga Arbustiva Densa, Floresta Perenifólia Paludosa Marítima E Floresta Mista Dicótilo-Palmácea.

## **ASPECTOS GEOLÓGICOS/HIDROGEOLÓGICOS**

Geologicamente a área é caracterizada pela presença de rochas ígneas e metamórficas (meio cristalino), sedimentos cenozóicos (Formação Barreiras) e coberturas recentes residuais e transportadas (elúvio, colúvio, alúvio e dunas)

Na RMF existem quatro sistemas aquíferos: Dunas/Paleodunas, Barreiras, Aluviões e Meio Cristalino.

**Meio Cristalino** - Ocupa 67% da área e é representado por um complexo gnáissico-migmatítico, quartzitos e rochas graníticas. Tem fraca vocação aquífera, condicionada pela existência de zonas fraturadas, abertas, interconectadas e associadas a fonte de recarga. Os poços tem profundidade média de 50 a 60 metros, nível estático oscilando entre 10 e 20 metros, vazão média de 2 e 3 m<sup>3</sup>/h

e capacidade específica inferior a 1,0 [(m<sup>3</sup>/h)/m]. A alimentação se dá pela infiltração pluviométrica, drenagens influentes, lagoas, açudes e contribuição dos sistemas aquíferos sobrepostas. Os exutórios são representados por drenagens efluentes e a evapotranspiração.

**Formação Barreiras** - ocupa uma área de 615 km<sup>2</sup> (17,6%) e possui uma espessura média entre 40 e 50 metros, representada por intercalações de níveis arenosos a siltico-argilosos que condicionam a diferentes permeabilidades, tanto vertical quanto horizontalmente. Apresenta nível estático entre 8 e 12 metros, espessura média saturada de 15 metros e suas águas são captadas por poços com profundidades entre 40 e 60 metros que cedem vazões de 1,5 a 3,0 m<sup>3</sup>/h. Localmente constitui um aquífero livre, com características regionais de semi-confinamento em função da predominância de níveis silto-argilosos. Tem como recarga a precipitação pluviométrica, drenagens influentes que percolam o contexto, lagoas interdunares e o próprio sistema dunas/paleodunas que funciona com dupla função (aquífero e unidade de transferência d'água). Como exutórios tem-se a rede de drenagem efluente, lagoas, a evapotranspiração e o meio cristalino sotoposto, desde que fraturado.

**Dunas/Paleodunas** - ocorrem na orla costeira da RMF, numa faixa de aproximadamente 71 km, com larguras médias de 2 km. Constitui-se de areias pouco consolidadas e homogêneas, finas a médias e espessuras entre 10 e 25 metros. Ocorrem níveis siltico-argilosos oriundos da própria variação da energia de deposição dos clásticos e a presença de intercalações de argilas orgânicas, escuras. No geral, repousam sobre os sedimentos da Formação Barreiras ou sobre manchas aluvionares. Representa o melhor potencial hidrogeológico da área estudada, sendo um aquífero livre, com espessuras saturadas oscilando de poucos a até 10 metros. O nível estático é sub-aflorante nas áreas de descarga, ou atingindo, no máximo 06 metros, tendo suas águas captadas por poços tubulares rasos, perfurados normalmente em 10" e revestidos em 6" e 4", com profundidades entre 8 e 12 metros, e vazão média de 6,0 m<sup>3</sup>/h.

Tem dupla função hidrogeológica, refletida no funcionamento da unidade como aquífero principal e aquífero de transferência do potencial hídrico para unidades

sotopostas, a exemplo do Barreiras e aluviões.

Baseado em 285 testes de aquíferos e de produção, CAMPOS & MENEZES (1982) observaram valores médios de permeabilidade (K) e transmissividade (T) de  $2,88 \times 10^{-4}$  m/s e  $1,79 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s, respectivamente.

Como exutório temos o fluxo das águas subterrâneas para o mar onde são observadas fontes difusas ao longo da costa, lagoas interdunares e zonas aluvionares pertencentes as bacias dos rios Pacoti, Cocó e Ceará, além da intensa evapotranspiração que afeta a região, associada a um nível estático sub-aflorante. A recarga é eminentemente pluviométrica, salvo exceções causadas por drenagens influentes.

**Aluviões** - são utilizadas para captação de água subterrânea na RMF porém, apenas em comunidades ribeirinhas através de cacimbas. Dentro dos municípios de Fortaleza e Maracanaú, as águas subterrâneas desta unidade (aluviões dos rios Cocó e Maranguapinho) estão seriamente comprometidas pela poluição derivada de esgotos domésticos e industriais, não permitindo nenhum tipo de utilização.

Constituem aquíferos livres, com espessuras de poucos a até 05 metros, nível estático sub-aflorante. São representados por sedimentos de granulometria muito fina, freqüentemente intercalados com níveis argilosos e orgânicos, derivados de uma ação erosiva sobre rochas sedimentares e migração de partículas das zonas de mangue.

A recarga provém da precipitação pluviométrica e da contribuição direta da rede de drenagem e do Barreiras. Como exutórios atuam a evapotranspiração e a própria drenagem, em épocas de verão. No inverno, é muito comum as faixas aluvionares serem cobertas por água dos rios, pelo extravasamento destes.

## **METODOLOGIA DE TRABALHO**

Foram cadastradas 1.478 análises físico-químicas e 1.073 bacteriológicas, no âmbito da RMF, sendo estes dados digitados, de modo a constituir um Arquivo de Dados de Análises de Água para a RMF.

As análises de água foram fornecidas pelo Laboratório Central de Análises de Água da CAGECE. O cadastro serviu, fundamentalmente, para a caracterização hidroquímica das unidades aquíferas, e possibilitou uma visão da evolução qualitativa das águas subterrâneas, particularmente na Grande Fortaleza, onde os recursos hídricos estão

fortemente submetidos ao impacto antrópico. Além destas, contou-se com análises de águas superficiais, obtidas perante a SEMACE, que demonstram o nível de poluição a que estas estão submetidas.

As análises físico-químicas foram processadas e submetidas a um cálculo de balanço iônico para se verificar a acuracidade dos dados obtidos. Após isto, foram elaborados gráficos hidroquímicos (Piper, Schoeller & Berkloff, U.S. Salinity, etc.) com a utilização do pacote computacional "HIDROQS", desenvolvido por CAVALCANTE et al. (1992) para o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

## **ASPECTOS HIDROQUÍMICOS**

Para este trabalho foram utilizadas 363 análises selecionadas através de um tratamento hidroquímico realizado com o auxílio do Programa HIDROQS (CAVALCANTE et al., op. cit.), admitindo-se um erro inferior a 10%.

Pelo diagrama de Piper as águas são predominantemente cloretadas sódicas, tendendo secundariamente a mistas (Figura 2). Observa-se a seguinte relação entre cátions e ânions:  $Cl > HCO_3 > SO_4$  e  $Na > Ca > Mg$ , refletindo as predominâncias de cloretos e sódio, associados à proximidade do mar.

As águas bicarbonatadas associam-se ao Barreiras e, secundariamente, ao cristalino. Segundo PIUCCI (1978), as maiores concentrações de bicarbonatos estão relacionadas com baixos valores de pH e, se a água possui  $pH < 6,3$  predomina a forma  $H_2CO_3$  (aquosa) levando a menores concentrações, relativamente, de bicarbonato ( $HCO_3$ ), sendo esta relação confirmada na maioria das amostras analisadas.

O diagrama de Schoeller & Berkloff (Figura 3) mostra uma variação significativa da potabilidade. No sistema dunas/paleodunas e Barreiras predominam águas de boa qualidade físico-química, com exceção de concentrações pontuais de cloretos acima da máxima recomendada pelos padrões existentes, observadas na bateria de poços da Abreulândia (oriunda do avanço da cunha salina) e na orla costeira de Fortaleza.

Ainda, para o contexto cristalino é comum se ter concentrações de STD oscilando entre 500 e 2.000 mg/L, com destaque para cloretos. No geral essas águas são captadas de meios cristalinos associados a planícies fluviais e/ou flúvio-marinhas, ou cuja zona de fratura tem como recarga águas superficiais salinas. Como o cloreto não participa de reações de troca de base com os íons do meio, por incompatibilidade de raio iônico, a concentração é progressiva, principalmente em períodos de longa estiagem quando não existe recarga e, conseqüentemente, diluição.

As águas subterrâneas dos sistemas dunas/paleodunas e Barreiras possuem concentrações iônicas dentro dos padrões de potabilidade da OMS, com alguma exceção.

O íon ferro ocorre com teores acima de 1,0 mg/L em fontes pontuais na orla costeira da Grande Fortaleza, destacando-se Abreulândia onde alcança 7,4 mg/L. A origem deste elemento a nível de RMF é muito discutível, particularmente por ser incompatível com o litotipo. Como observou-se que as maiores concentrações deste elemento estão vinculadas as áreas entre Porto do Mucuripe e Praia de Abreulândia (Fortaleza), muitas vezes em contatos com áreas de mangue, é provável que esta concentração sofra influência das águas oriundas destes locais.

A concentração de nitrato que atinge até 530 mg/L na área urbana de Fortaleza é preocupante. A forma  $\text{NO}_3$  tem sido mais usada para se conhecer o nitrogênio inorgânico (HEM, 1985), embora também indique a presença de matéria orgânica, já que corresponde ao estágio final de decomposição de produtos protéicos. As águas subterrâneas de Fortaleza, localmente, encontram-se poluídas por nitrato de origem orgânica.

Foram cadastradas 1.073 análises bacteriológicas (1986-1995) das águas de poços tubulares. Destas utilizou-se 421 análises correspondentes ao período de 1990 a 1995, e constatou-se que em média, 74% apresentam presença de coliformes fecais, com predominância da bactéria *Escherichia coli* (68%).

## USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

**Consumo Humano** - os dados sobre utilização das águas subterrâneas na RMF, mostram que 85,6% dos poços se destinam ao consumo humano.

Em função da vulnerabilidade das unidades aquíferas, ocupação do meio físico e poluição das águas, a região da Grande Fortaleza, especificamente, está submetida a elevada poluição bacteriológica, estimando-se que de 70 a 80% do potencial hídrico subterrâneo esteja comprometido pela existência de coliformes fecais, conforme demonstram as 1.073 análises bacteriológicas cadastradas.

**Indústria** - mais de 90% das indústrias existentes na RMF utilizam a água

subterrânea tanto para o uso humano como industrial. A utilização dessas águas pelas indústrias, deve levar em conta a existência das concentrações significativas de ferro e cloretos, principalmente quando o objetivo for para indústrias que trabalham com caldeiras e elementos de alta pressão, cuja água deve ser totalmente livre de elementos colmatantes.

**Irrigação** - qualquer água que possua sua composição química propícia ao consumo humano pode ser aplicada à irrigação, embora a recíproca nem sempre seja verdadeira.

Para ser utilizada na irrigação, é necessário que se conheça a composição química d'água, tipo de solo e sua constituição físico-química e tipo de cultura a ser irrigada. A análise da Razão de Adsorção de Sódio (SAR) e o perigo de salinidade constituem elementos básicos e simples para se obter indicações da possibilidade de uso da água para a irrigação.

As águas subterrâneas da RMF para irrigação estão inseridas na classe  $S_1$ , denotando um baixo risco de sódio, podendo ser utilizadas em quase todos os tipos de solos, não existindo um perigo maior da troca do sódio pelo cálcio, reduzindo a permeabilidade do solo e tornando-o estéril. Porém, situam-se nas classes  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$  denotando de baixo a alto risco de salinidade, merecendo cuidados especiais antes de sua utilização, observando-se sempre o tipo de solo e cultura a ser irrigada.

## **CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES**

- Existem na RMF, problemas derivados de uma ocupação desordenada do meio físico, que associados ao êxodo rural, falta de obras de saneamento básico e poluição dos recursos hídricos, geram conseqüências negativas a todo o contexto ambiental da área;
- Foram cadastradas 1.478 fichas de análises físico-químicas. O maior problema de poluição dos recursos hídricos da RMF é a ausência de saneamento básico, onde a rede de drenagem funciona como receptora direta dos esgotos domésticos e industriais. As águas subterrâneas recebem a carga poluente oriunda de redes de drenagens influentes e de fossa sépticas e/ou negras;

- As águas subterrâneas da RMF são predominantemente cloretadas sódicas. No geral possuem boa qualidade físico-química, com exceção de concentrações excessivas de cloretos, nitratos e ferro em pontos localmente poluídos.
- Foram cadastradas 1.073 análises bacteriológicas. Entre 60 a 80% das águas subterrâneas da Grande Fortaleza estão poluídas por coliformes fecais, derivados da falta de saneamento e perfuração inadequada de poços tubulares, que funcionam como condutores de águas superficiais poluídas para zonas mais profundas.

## **BIBLIOGRAFIA**

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL - 1981. Levantamento de recursos naturais. Folha Jaguaribe SB. 24. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL.

CAVALCANTE, I. N. & SABADIA, J. A. B. - 1992. Potencial hídrico subterrâneo: um bem mineral ameaçado pela poluição antrópica. Rev. de Geologia. DEGEO/UFC. p. 115 - 124.

CAMPOS, L. A. S. & MENEZES, M. A. S. - 1982. Pesquisa e aproveitamento de água subterrânea para abastecimento urbano nas dunas costeiras do Ceará. II Cong. Bras. de Águas Subterrâneas. ABAS. ANAIS. Salvador - BA. p. 29-42.

HEM, J. D. - 1985 - Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. 3<sup>a</sup> Ed. Geological survey Water, paper 2254. 263p.

PIUCCI, J. - 1978. Hidrogeologia da área piloto Ponta de Pedras - Ilha do Marajó. Dissertação de Mestrado. Inédita. NCGG/UFPA. 143p.



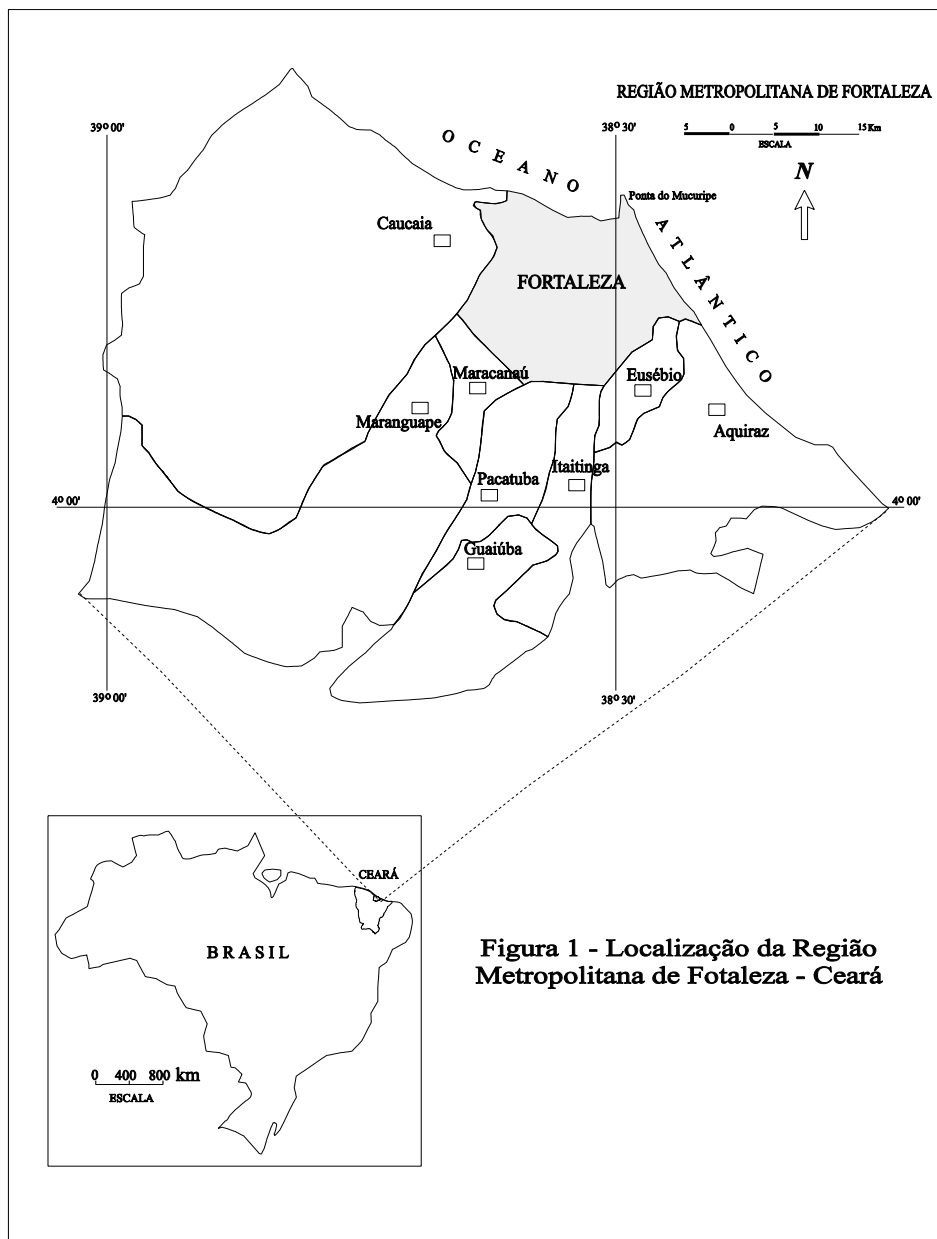
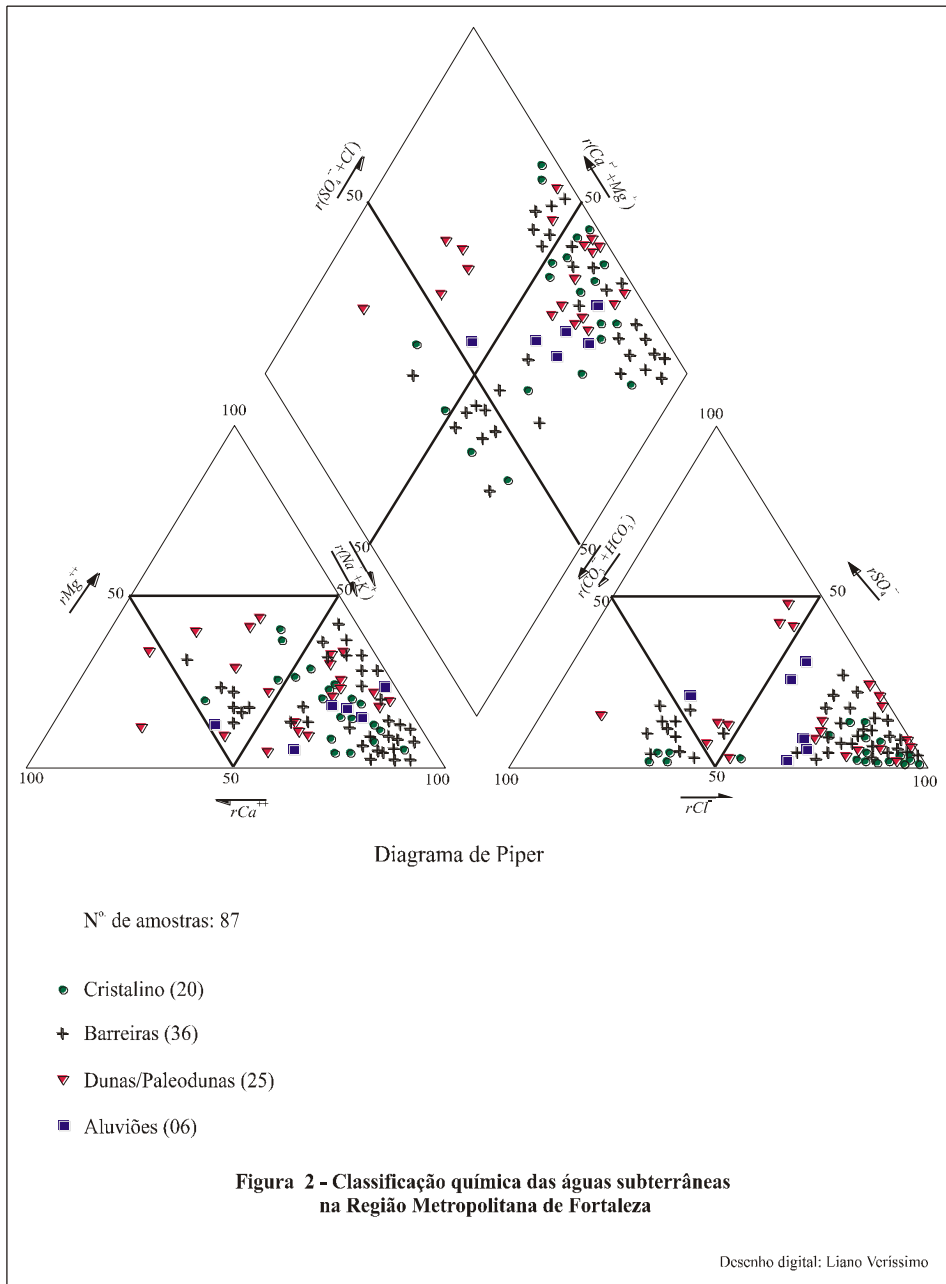
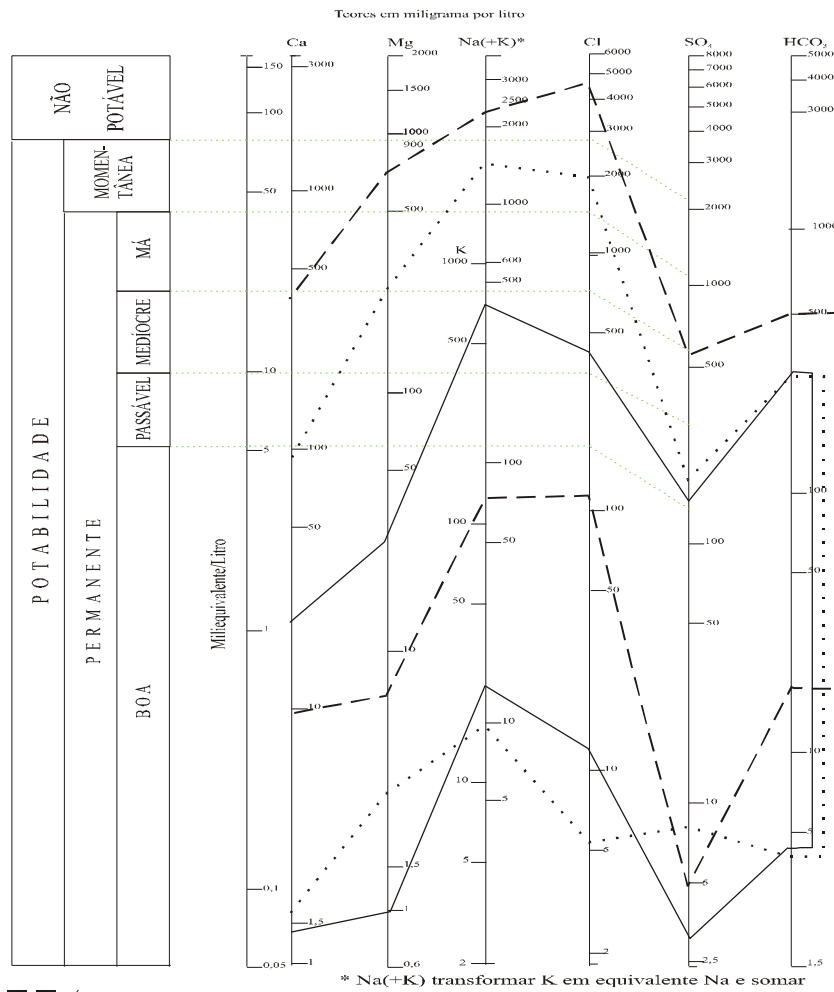


Figura 1 - Localização da Região Metropolitana de Fortaleza - Ceará





- Área de concentração de 20 amostras do Cristalino
- Área de concentração de 36 amostras do Barreiras
- ..... Área de concentração de 25 amostras das Dunas/Paleodunas

**Figura 3 - Potabilidade das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza**