

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA FAIXA COSTEIRA LESTE DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ

Itabaraci Nazareno Cavalcante¹; José Alcir Pereira Ribeiro²; Francisco Wladiston Cordeiro Dias³; Jose Antônio Beltrão Sabadia¹ & Saulo de Almeida Gomes⁴

Resumo - Este trabalho sintetiza os resultados obtidos a partir do estudo hidrogeoquímico realizado na Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará, abrangendo parte dos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz.

O quadro hidrogeológico da área é formado de quatro sistemas aquíferos, sendo eles: Misto Barreiras/Cristalino, Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluvionar; com predomínio de ocorrência do Barreiras (74%).

Do ponto de vista físico-químico, as águas subterrâneas da área são de boa qualidade, predominando as cloretadas sódicas, seguidas de águas mistas, bicarbonatadas e sulfatadas. Com exceção de algumas concentrações de ferro, cloretos e nitratos, quase todos os elementos iônicos encontram-se dentro dos limites recomendados pela OMS.

A condutividade elétrica apresentou um valor médio de 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C e o pH com média de 6,7 (levemente ácido). Quanto à dureza predominam as águas do tipo brandas ($\text{CaCO}_3 < 50$). As concentrações de STD apresentam valor médio de 205 mg/L.

As análises bacteriológicas detectaram a presença dos tipos *Escherichia coli* e *Klebsiella sp*, indicativas de poluição por matéria orgânica. A maior parte das águas são do tipo C₂-S₁ e C₁-S₁, compreendendo águas de baixa a média salinidade, com uso praticamente irrestrito na irrigação.

Abstract - This work sum up the results obtained from the hidrogeochemical study realized along the eastern cost of Fortaleza Metropolitan Region, Ceará State, which includes part of the municipalities of Fortaleza, Eusébio and Aquiraz.

The hidrogeological aspect of the area is formed by four aquifer systems: Mixed Barreiras/Cristalline, Barreiras, Dunes/Paleodunes and Alluvial, predominating the occurrence of Barreiras aquifer (74%).

¹ Departamento de Geologia - DEGEO/CC- UFC – Professor Doutor em Hidrogeologia – ita@fortalnet.com.br – (85) 288-9869

² CPRM/REFO – Mestre em Hidrogeologia. *In memoriam*.

³ DEGEO/CC - UFC – Mestrando em Hidrogeologia – wladiston@yahoo.com.br – (85) 495-0562

⁴ DEGEO/CC - UFC – Granduando – (85) 288-9869

From the physical-chemical standpoint, water has good quality, with the predominance of water with sodium chloride content, followed by mixed bicarbonated and sulfated water. Except for some concentrations of iron, chlorides and nitrates, almost all ionic elements lie within the limits recommended by World Health Organization.

Electric conductivity showed an average value of 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, while the average pH was 6,7 (slightly acid). Related to hardness, prevail the mild water ($\text{CaCO}_3 < 50$). The concentration of Total Dissolved Solids (TDS) averages 205 mg/L.

Bacteriological analyses detected the presence of *Escherichia coli* and *Klebsiella sp*, indicating pollution by organic-matter. Most of water are C₂-S₁ and C₁-S₁ type, comprising low to medium salinity water, which is largely used in irrigation.

Palavras-Chave - Qualidade; água subterrânea; Ceará.

INTRODUÇÃO

A importância das águas subterrâneas na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF, Ceará, pode ser avaliada através do significativo número de poços tubulares existentes e que atendem ao abastecimento público e particular.

Estudos hidrogeológicos desenvolvidos na RMF atestam que as unidades litológicas da Faixa Costeira Leste, em função de áreas de localização e extensão, representam importantes sistemas de águas subterrâneas que suprem a demanda de condomínios e residências, além da utilização em pequenas indústrias e projetos de irrigação, sendo que, nesse caso, o suprimento hídrico da população é feito através de águas subterrâneas, principalmente, dos sistemas Dunas/Paleodunas e Barreiras.

O principal objetivo desse trabalho é apresentar dados e informações sobre a qualidade das águas subterrâneas da Faixa Costeira Leste da RMF, classificando-as quanto à composição química, potabilidade e uso, integrando-as com as demais características geo-ambientais da área.

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área localiza-se na porção nordeste do Ceará, abrangendo parte da faixa costeira da Região Metropolitana de Fortaleza, entre os rios Pacoti e o limite sudeste da RMF, abrangendo uma superfície de 414 km². Corresponde a um polígono irregular delimitado pelas coordenadas geográficas 3°49'17'' e 4°02'46'' de latitude sul e 38°21'16'' e 38°31'13'' de longitude oeste de Greenwich (Figura 01).

O acesso à área, partindo-se de Fortaleza, capital do Estado, pode ser feito através das rodovias BR-116 e CE-040. Completam o sistema viário inúmeras estradas vicinais, inclusive a rodovia CE-025, que vai da praia da COFECO a Prainha, passando pelo Porto das Dunas (*Beach Park*) e interligando-a à vila do Iguape e aos demais sítios da região.

ASPECTOS GEO-AMBIENTAIS

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME registrados nas estações meteorológicas de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz entre 1974 e 1998, mostram um clima com variação de temperaturas, em valores médios, entre 25 e 27°C, e precipitação pluviométrica média anual de 1.600 mm.

A paisagem local é predominantemente plana com fraco entalhe da drenagem e segundo SOUSA (1997), a área apresenta três domínios morfológicos distintos: Glacis Pré-Litorâneos (tabuleiros costeiros), Planície Litorânea (cordões de dunas, paleodunas, praias e sedimentos flúvio-marinhos) e a Depressão Sertaneja (superfície de aplainamento formada sobre rochas do embasamento cristalino).

Os solos na área estão enquadrados em dois tipos: Associação de Solos dos Tabuleiros Pré-Litorâneos (areias quartzosas distróficas e podzólicos vermelho-amarelos distróficos) e a Associação de Solos da Planície Litorânea (areias quartzosas marinhas e os halomórficos (solonetz solodizados e solos indiscriminados de mangue).

As águas superficiais representam parte dos principais cursos fluviais formados pelos rios Cocó, Pacoti, Catu e Caponga Funda, que fazem parte das Bacias Metropolitanas (CEARÁ, 1992). Esses cursos d'água estão classificados como intermitentes com fluxo de escoamento no período chuvoso, esgotando parcialmente as lâminas d'água com o fim das precipitações. As Bacias Metropolitanas assumem grande importância hídrica regional, pois permitem a construção de obras de caráter permanente como os reservatórios do Sistema Pacoti-Riachão-Gavião, localizados fora dos limites da área estudada. Além da rede hidrográfica, a área também possui inúmeras lagoas que constituem reservatórios bastante expressivos para o abastecimento local.

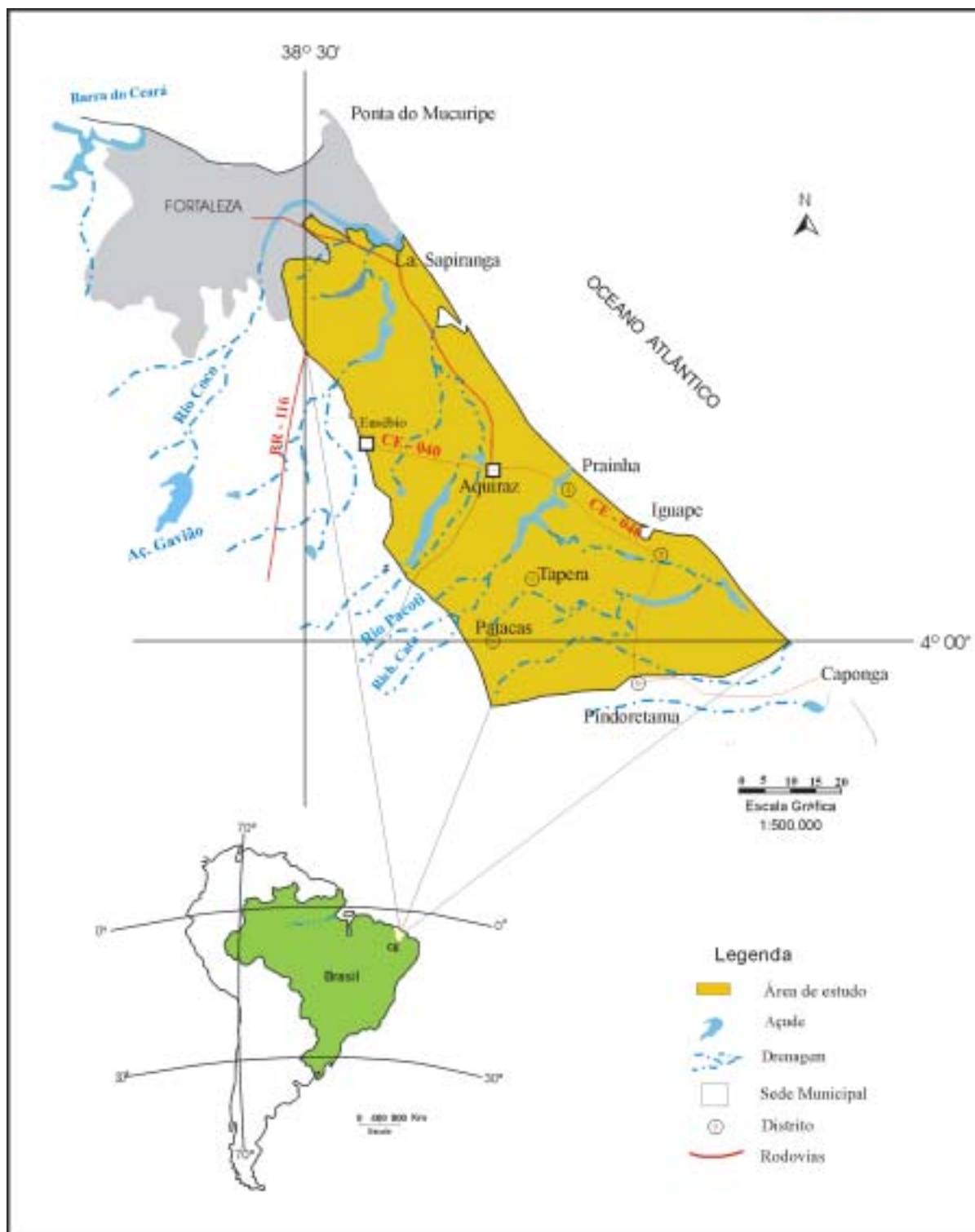


Figura 01 – Localização da Faixa Leste da RMF, Ceará

Dentro de um quadro tectono-geológico regional, a área encontra-se inserida nos domínios da Província Costeira cujos elementos litológicos superpõem-se discordantemente aos conjuntos constituintes da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana, parte integrante da Província Borborema definida por ALMEIDA *et al.* (1977).

Do ponto de vista geológico a área contém rochas do embasamento cristalino e sedimentos cenozóicos constituídos pela Formação Barreiras, depósitos litorâneos que compreendem as dunas/paleodunas, areias de praias, aluviões e mangues (Figura 02). Ocorrem, ainda, rochas alcalinas (Terciário), sem vocação hidrogeológica.

O embasamento cristalino está representado pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico, ocorrendo no extremo noroeste e em uma pequena faixa da zona costeira, representando menos de 2% da área. Constitui-se de gnaisses aluminosos, em parte migmatizados, e biotita-gnaisses com ou sem moscovita, anfibólio, granada e silimanita.

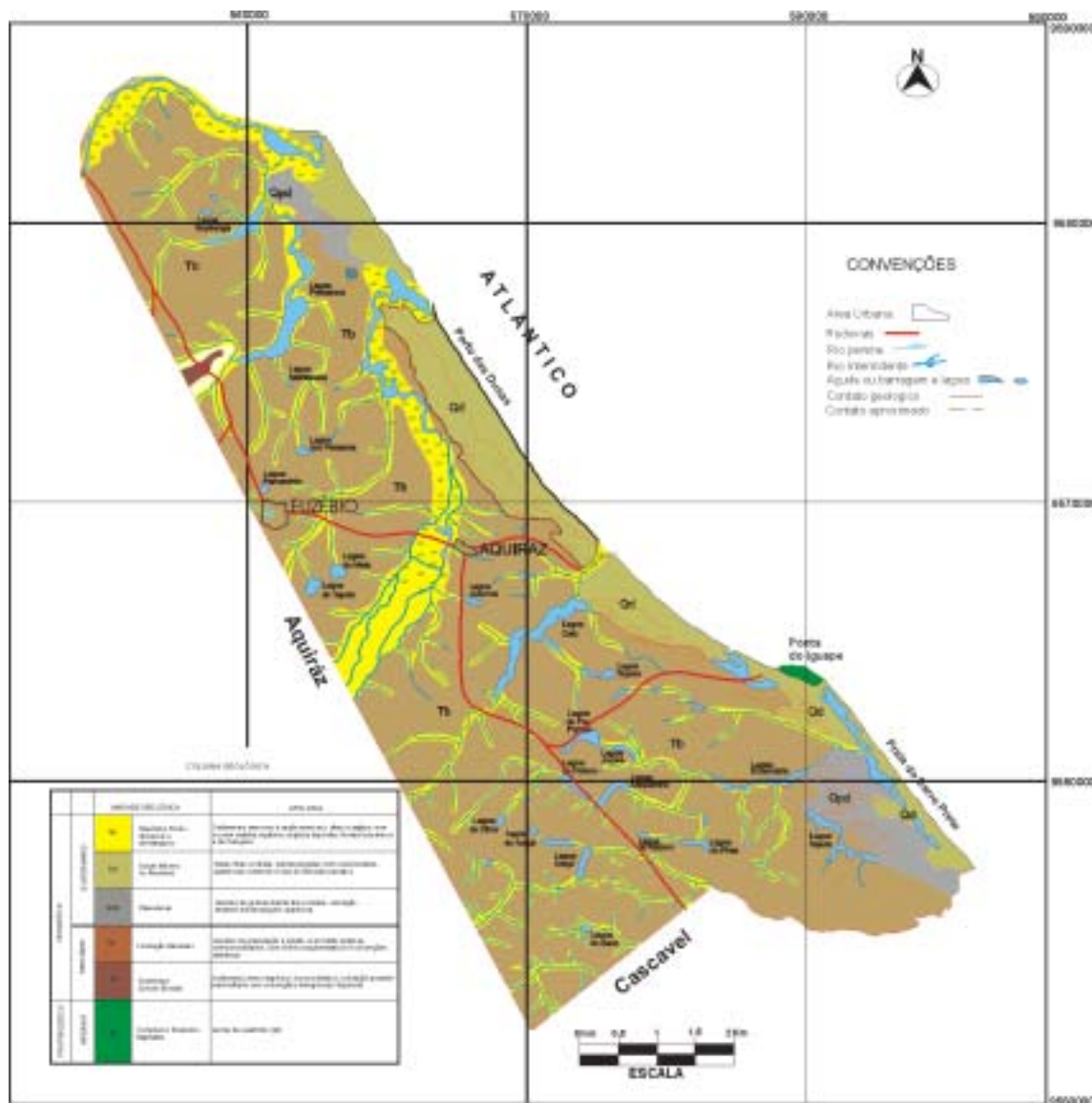


Figura 02 – Geologia da Faixa Costeira Leste da RMF, Ceará

A Formação Barreiras (Plioceno) representa a maior unidade aflorante (74%). Litologicamente é constituída de arenitos finos a médios, argilosos, com lentes de siltitos e argilitos

de tons avermelhados, amarelados e até esverdeados, com intercalações de conglomerados com níveis lateríticos. Assenta-se em discordância erosiva sobre as rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico, possuindo espessura variável, aumentando em direção à linha de costa, e raramente ultrapassando 50 metros.

As paleodunas (4%) são representadas por sedimentos eólicos formados por areias de granulometria fina a média, com grãos quartzosos e/ou quartzo-feldspáticos, de tons variando do cinza-claro a alaranjado. A espessura média varia entre 4 e 5 metros.

As dunas recentes formam cordões ao longo da linha de costa, ocorrendo sobrepostas às paleodunas e à Formação Barreiras e ocupam 10% da área. São constituídas por areias bem selecionadas com granulação fina a média, grãos quartzosos e/ou quartzo-feldspáticos, de tons amarelados e avermelhados, contendo freqüentemente concentrações de minerais pesados, sobretudo ilmenita. Tem suas melhores exposições nas praias do Iguape, Prainha e Porto das Dunas, onde alcançam cerca de 2 a 3 km de largura, com 10 a 20 metros de espessura.

As aluviões ocorrentes na área preenchem as calhas e as planícies dos principais cursos fluviais da área, como os rios Cocó, Pacoti e Caponga Funda, constituindo cerca de 10% da área. São litologicamente constituídas por argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos com ou sem matéria orgânica, com espessura variando de 1 a 9 metros. Próximos à costa, sob influência marinha, os sedimentos aluviais se misturam a sedimentos pelíticos e matéria orgânica, formando extensos manguezais, alagados na preamar.

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

As águas subterrâneas na Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza estão, de modo geral, submetidas aos impactos antrópicos de poluição, uso e ocupação irregular do espaço físico, além de captação desordenada e sem critério técnico e com distância irregular entre poços, tornando o sistema hidrogeológico altamente vulnerável a contaminação.

Conforme visto anteriormente, a área é geologicamente constituída tanto por rochas sedimentares cenozóicas com por rochas pré-cambrianas, que constituem o meio fissural. Nesse contexto, que resulta em um potencial heterogêneo de recursos hídricos subterrâneos, foi possível a individualização de quatro sistemas hidrogeológicos, sendo eles: Misto Barreiras/Cristalino, Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluvionar (RIBEIRO, 2001).

• Sistema Misto Barreiras/Cristalino

Os poços construídos nesse sistema aquífero possuem profundidades entre 48 e 64 metros e vazão média de 1,9 m³/h, com mínima de 0,5 e máxima de 7,0 m³/h. A recarga ocorre nas áreas

aflorantes dos sedimentos Barreiras em função, principalmente, das águas pluviais e cursos fluviais influentes. Como principais exutórios tem-se a dissipação pela evapotranspiração, lagoas e drenagens associadas.

- **Sistema Barreiras**

Corresponde ao sistema de maior exposição na área pesquisada, com 307,5 km² (74%). É constituído de sedimentos terciários, detríticos, com alternância de depósitos pelíticos e psamopsefíticos, sotoposto, algumas vezes, às dunas e sobreposto ao embasamento cristalino.

Comporta-se em geral como um sistema livre, podendo localmente apresentar-se com semi-confinado. Localmente, os poços podem produzir vazões de até 9,0 m³ /h, com vazão média de 2,4 m³/h. Com base em testes de aquífero e de bombeamento (Ribeiro, 2001), observa-se valores de $4,65 \times 10^{-6}$ m/s e de 1,72 m²/s respectivamente para condutividade hidráulica e transmissividade.

A alimentação se faz por infiltração pluvial direta, águas das aluviões e das dunas/paleodunas. Como exutórios destacam-se a evapotranspiração intensa, as aluviões dos rios e riachos em épocas de estiagem, as lagoas existentes, o meio cristalino sotoposto, desde que fraturado e a exploração através de poços tubulares.

- **Sistema Aquífero Dunas/Paleodunas**

As dunas/paleodunas foram consideradas como um sistema aquífero único, em função das características litológicas e hidrodinâmicas similares, anulando uma nítida distinção em termos regionais. Compreendem cerca de 14% da superfície total da área pesquisada (57 km²).

A profundidade média registrada nos poços nesse sistema aquífero é de 29 metros, variando entre 7,0 e 75,0 metros. As vazões obtidas variam entre 1,2 e 24,8 m³/h, sendo a média de 5,0 m³/h.

A recarga nesse sistema ocorre diretamente das precipitações pluviométricas ou através de lagoas influentes. Como exutórios tem-se o Oceano Atlântico, cursos fluviais efluentes e a evapotranspiração, além da própria exploração existente.

Esse sistema constitui-se em um manancial hídrico de grande importância, sendo responsável pelo abastecimento de vários núcleos urbanos que ocupam a região costeira. Embora seja bom armazenador de água subterrânea, reflexo dos elevados coeficientes de condutividade hidráulica ($5,87 \times 10^{-4}$ cm/s) e transmissividade (9,09 m²/h), o sistema aquífero Dunas/Paleodunas é bastante vulnerável a poluição, sendo susceptível à contaminação por águas poluídas e/ou salinizadas.

- **Sistema Aquífero Aluvionar**

Corresponde às deposições efetuadas no Quaternário, formado por material de granulometria grossa a fina, siltes e argilas que ocorrem margeando os baixos cursos dos rios Cocó, Coaçu, Pacoti

e Catu. Formam faixas alongadas de direção NE-SW, localizadas no extremo noroeste e na porção central da área, ocupando 41,7 km² da superfície (10%).

O nível estático é freático, subaflorante e os poços existentes neste contexto são do tipo amazonas que captam água com profundidade de até 6,0 metros de profundidade. A recarga provém das águas de chuva e dos rios com caráter influente. Como exutórios cita-se a evapotranspiração e a própria drenagem em épocas de estiagem.

CLASSIFICAÇÃO E QUALIDADE DAS ÁGUAS

A classificação das águas foi realizada através dos diagramas de *Piper, Scholler & Berkloff* e do diagrama para irrigação, utilizando-se a Razão de Adsorção de Sódio (SAR) e condutividade elétrica, associando-se, ainda, os resultados das análises aos padrões de potabilidade.

➤ Composição físico-Química

As propriedades físico-químicas são importantes para a qualificação das águas, definidas pela sua composição e pelo conhecimento dos efeitos a saúde que podem causar seus constituintes.

Na área estudada, as águas subterrâneas possuem STD com concentração média de 205 mg/L, oscilando entre 37 e 1.381 mg/L (Figura 03). Segundo a classificação de SANTOS (2000), elas são classificadas predominantemente como de baixa a média salinidade, uma vez que apenas 6% das amostras (total de 59 amostras) tem STD acima de 480 mg/L.

Quanto à condutividade elétrica, a média geral é de 395 µS/cm a 25°C, variando de 71 a 2.657 µS/cm; sendo que 81% das amostras encontram-se com valores abaixo de 500 µS/cm; 12% entre 500 e 1.000 µS/cm e apenas 7% acima de 1.000 µS/cm.

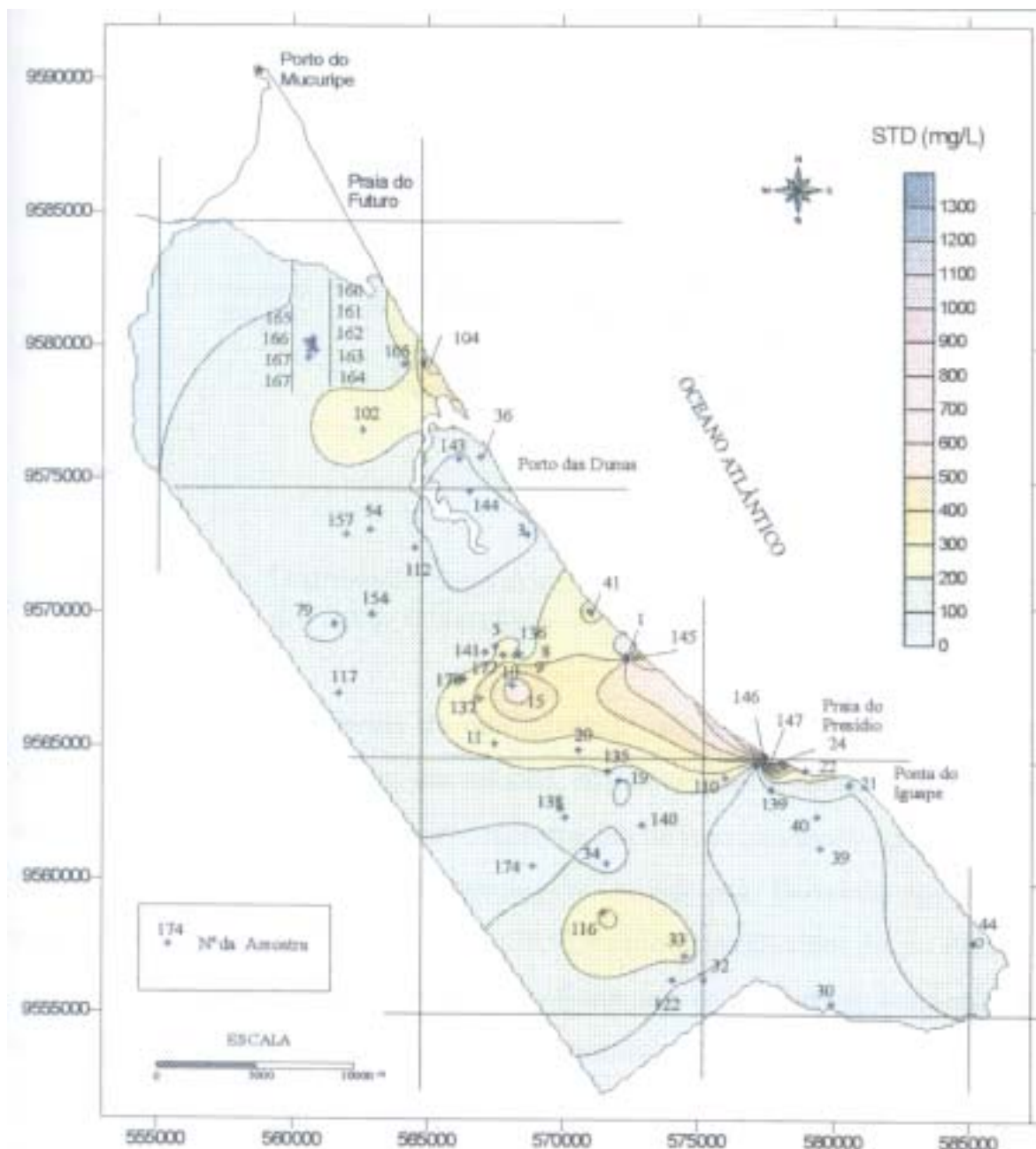


Figura 03 – Zoneamento da concentração de STD – Faixa Leste da RMF, Ceará

A classificação das águas subterrâneas da área, com relação a sua dureza (teor de CaCO_3 em mg/L), mostra um predomínio de águas do tipo “branda” (< 50 mg/L de CaCO_3), já que de um universo de 59 amostras, 43 ficaram nessa categoria. Seguem-se, ainda, 10 amostras como do tipo “pouco dura” (50 – 100 de CaCO_3), 4 classificadas como “duras” (> 100 e < 200 de CaCO_3) e apenas 2 do tipo “muito dura” (> 200 de CaCO_3). As amostras com valores mais elevados estão relacionados aos sistemas aquíferos Dunas/Paleodunas e Aluviões (mais especificamente os do rio Pacoti), influenciados possivelmente pelas altas concentrações de cloretos.

Dentro do universo de 59 medidas de pH, os valores oscilaram entre 4,1 a 8,14 onde 58% apresentam um caráter ácido, 39% básico e os 3% restantes refletem o caráter neutro. O valor médio é de 6,7 revelando um caráter levemente ácido das águas subterrâneas da área, porém dentro dos limites impostos para potabilidade (6,5 – 8,5). As variações pontuais mais elevadas do pH no sistema Dunas/Paleodunas em relação às demais unidades aquíferas devem estar associadas à influência de zonas de mangues e liberação de águas mais ácidas para o subsolo.

A temperatura das águas, que reflete as condições climáticas locais, foi determinada *in situ* e situa-se entre 28 e 33,5 °C, com média de 31 °C.

➤ Caracterização Hidrogeoquímica

Para classificar o tipo químico das águas subterrâneas em 59 amostras de acordo com os íons predominantes foi utilizado o Diagrama de Piper.

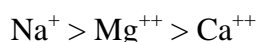
De acordo com os íons presentes, identificou-se uma predominância de águas subterrâneas nas classes cloretadas mistas e bicarbonatadas mistas, seguidas pelas sulfatadas (Quadro 01). Nas águas superficiais predomina a classe cloretada sódica.

Quadro 01 – Classificação iônica dos sistemas hidrogeológicos - Faixa Leste da RMF, Ceará

Classe	Sistema Hidrogeológico				Nº De Amostras	Frequência Relativa (%)
	Mista	Barreiras	Dun/Paleod	Aluviões		
Água Cloretadas					38	65
Sódica	3	29	3	2		
Cálcica	-	-	1	-		
Água Mistas					11	17
Sódica	2	5	1	-		
Cálcica	-	-	1	-		
Magnesiana	-	1	1	-		
Águas Bicarbonatadas					8	15
Sódica	2	2	2	-		
Magnesiana	-	-	2	-		
Águas Sulfatadas					2	3
Sódica	-	2	-	-		
Total	7	39	11	2	59	100

Fonte: Ribeiro (2001)

A relação entre os elementos maiores presentes nas águas subterrâneas da área estudada é a seguinte:



O predomínio do cloreto e do sódio nas águas subterrâneas dá-se pelo fato da área pesquisada ser costeira e, além disso, os dois elementos correspondentes são muito abundantes nas águas naturais, possuem elevada solubilidade e são de difícil precipitação na maioria dos compostos químicos em solução.

➤ **Potabilidade das Águas Subterrâneas**

Os termos de potabilidade das águas subterrâneas, dentro de seus aspectos físico-químicos, podem ser obtidos preliminarmente através do diagrama logarítmico de *Schoeller & Berkaloff*, onde as mesmas são classificadas em boa, medíocre, má, momentânea e não potáveis em função dos elementos Ca^{2+} , Mg^{2+} , $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$, Cl^- , SO_4^- , $(\text{CO}_3^{--} + \text{HCO}_3^-)$, NO_3 , expressos em mg/L e, ainda, Dureza (°F) e pH.

No geral, nos sistemas aquíferos estudados predominam águas com bons índices de potabilidade, aceitáveis do ponto de vista físico-químico, embora algumas concentrações de cloretos, ferro e nitrato possam comprometer a potabilidade.

A presença do ferro ocorre com maior frequência no Sistema Hidrogeológico Barreiras e em pontos mais isolados do Sistema Dunas/Paleodunas, perfazendo aproximadamente 10% das amostras analisadas. Deve estar associada aos níveis lateríticos do Barreiras que ocorrem nos processos de formação desses depósitos e o ferro dissolvido provavelmente provém do óxido de ferro que em contato com o oxigênio atmosférico oxida-se para hidróxido de ferro.

Apenas 3 amostras apresentaram concentrações de cloretos acima do valor máximo permitido pela Organização Mundial de Saúde - OMS (250 mg/L), sendo uma amostra para cada sistema aquífero (Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluvionar) com valores de 271, 745 e 258 mg/L, respectivamente. A origem desse elemento pode estar vinculada a influência das águas marinhas sobre as águas continentais, uma vez que as maiores concentrações encontram-se na região da praia do Presídio.

O íon nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente de resíduos da atividade humana e na área encontra-se presente acima dos limites permissíveis pela OMS (10 mg/L – N-NO_3) em 25% das amostras analisadas dos sistemas Barreiras, Dunas/Paleodunas e Aluvionar, variando de 11,5 a 30 mg/L. Possivelmente esses valores estão

associados as fontes pontuais de esgotos sanitários e fossas sépticas que ocorrem nas áreas de maiores concentrações urbanas, como nas proximidades das sede municipais de Aquiraz e Eusébio.

Com o objetivo de avaliar-se a potabilidade das águas quanto ao conteúdo bacteriológico, foram efetuadas 19 análises, sendo 13 correspondente a poços tubulares, 4 a lagoas e 2 a fontes (Tabela 01).

Tabela 01 – Análises bacteriológicas das águas – Faixa Leste da RMF, Ceará

Nº Amostra	Município	Localidade	Bactéria	Concentração (NMP/1000 mL)
5 Tb	Aquiraz	Praça Central	Kleb.	290,9
9 Tb	Aquiraz	Hosp. Manuel A. Pires	Negativo	0
15 Tb	Aquiraz	Rua Divinéia, s/n	Negativo	0
79 Tb	Eusébio	Hosp. Municipal	E. C.	816,4
102 Tb	Eusébio	Escola Elesbão Pio	Negativo	0
104 Qpd	Fortaleza	Cond. Soc. Rec. 11 de julho	Kleb.	5,2
105 Qpd	Fortaleza	P. da Aldeia – Praia COFECO	Kleb.	31,0
112 Tb	Aquiraz	Olho D'água (chafariz)	Kleb.	3,1
116 Tb	Aquiraz	Estrada do Araçá (chafariz)	Negativo	0
117 Tb	Aquiraz	Esc. Prof. Neném Amâncio	Kleb.	7,4
146a	Aquiraz	Fonte do Iguape	Kleb.	7,4
146b	Aquiraz	Fonte do Iguape	Negativo	0
154 misto	Aquiraz	Lab. ENDOMED	Negativo	0
177 Aluv	Aquiraz	Rua das Palmeiras	E. C.	1.986,3
178 Aluv	Aquiraz	Rua das Palmeiras	E. C.	62,0
175	Fortaleza	Lagoa Precabura	C.T. / C. F.	> 2.419,2 / 112,2
176	Fortaleza	Lagoa Messejana	C.T. / C. F.	> 2.419,2 / 7,4
181	Aquiraz	Lagoa Encantada	E. C.	1.203,3
182	Aquiraz	Lagoa Catu	Kleb.	2.419,2

Tb = Barreiras; Qpd = Dunas/Paleodunas; Aluv. = Aluvião; E. C. = *Escherichia Coli*; Kleb. = *Klebsiella Sp.*;

C. T. = Coliformes Totais; C. F. = Coliformes Fecais; NMP = Número Mais Provável.

Os resultados mostram que do total de pontos analisados, 68% apresentaram bactérias do grupo coliforme, pertencentes aos gêneros *Escherichia Coli* e *Klebsiella*, com NMP entre 3,1 e 2.419,2, indicando que um elevado percentual de mananciais da área não são potáveis sob o ponto de vista bacteriológico. O gênero *Escherichia Coli* é considerado o mais específico indicador de contaminação fecal recente.

USOS DA ÁGUA

O direcionamento do uso das águas está diretamente vinculado aos elementos existentes e a finalidade de aplicação da água, existindo padrões específicos para cada um.

➤ Uso Industrial

Baseando-se nas análises físico-químicas e confrontando-as com os padrões associados ao uso (Quadro 02), verificou-se que a maioria das águas dos poços cadastrados encontra-se dentro dos limites aconselháveis para uso na indústria. São necessários, contudo, tratamentos preliminares e cuidados relativos a alguns valores de pH, dureza, STD e ferro, visando um tratamento quando necessário.

Quadro 02 - Padrões de Qualidade de Água para Indústrias

PARÂMETRO	UNIDADE	1	2	3	4	5	6
pH	-	-	-	6,5-7,0	-	-	8
Dureza	mg/L CaCO ₃	50	180	50-75	25	50	50
Alcalinidade	mg/L CaCO ₃	-	-	-	128	-	135
Cálcio	mg/L	-	-	200	-	10	-
Magnésio	mg/L	-	-	30	-	-	-
Cloreto	mg/L	-	30	100	250	100	-
Sulfato	mg/L	-	60	-	250	100	-
Nitrato	mg/L	-	30	10	-	-	-
Ferro	mg/L	0,5	0,3	0,1	0,2	0,25	0,2
Manganês	mg/L	0,5	0,1	0,1	0,2	0,25	0,2
Amônia	mg/L	-	Traços	-	-	-	-
STD	mg/L	-	500	1000	850	-	-

Uso: 1 - Refrigeração 2 - Ind. Laticínios 3 - Cervejaria 4 - Ind. de Bebidas e Sucos de Frutas 5 - Ind. Têxtil 6 - Curtumes

Fonte: MATHESS (1982); DRISCOLL (1986); SZIKSZAY (1993), com modificações.

➤ Uso na Irrigação

A análise da Razão de Adsorção de Sódio (SAR) e da condutividade elétrica, refletindo no perigo de salinidade, constituem elementos básicos e simples para se obter indicações da possibilidade de uso da água para a irrigação. É aconselhável que antes seja observado tecnicamente o tipo de solo, cultura, método de irrigação e tipo de água que será utilizada no processo.

O SAR indica a porcentagem de sódio contido na água que pode ser adsorvido pelo solo, sendo calculado pela seguinte equação:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad \text{onde } r = \text{meq/L}$$

A classificação das águas subterrâneas para irrigação utiliza o gráfico proposto pelo *United States Salinity Laboratory* e segundo esta classificação, 52% das águas analisadas pertencem a classe C₂-S₁, refletindo a existência de águas de salinidade média e fracamente sódicas, podendo

serem utilizadas para quase todos os tipos de solo, prestando-se ao cultivo de quase todos os vegetais; 37,5% pertencem a classe C₁-S₁, enquadrando-se na categoria de águas de baixa salinidade, sendo seu uso possível a maioria das culturas em solos com fraco risco de teores nocivos de sódio; 6% constituem a classe C₃-S₁, representadas pelas águas de alta salinidade, devendo ser utilizadas somente em solos bem drenados e com o cultivo apenas de vegetais de alta tolerância ao sal.

Os 1,5% restantes pertencem às classes C₂-S₂, C₃-S₂ e C₄-S₃, definindo águas de salinidade média, alta e muito alta, respectivamente, com conteúdo de sódio variando de médio a muito elevado.

CONCLUSÕES

Do exposto anteriormente, conclui-se que:

- Em termos de recursos hídricos subterrâneos, a Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza apresenta quatro sistemas hidrogeológicos: Aluvionar, Dunas/Paleodunas, Barreiras e Misto Barreiras/Cristalino, sendo o Barreiras o mais representativo em termos de ocorrência na área (74%).
- As análises físico-químicas das águas subterrâneas locais revelaram que as mesmas são de boa qualidade, predominando águas do tipo cloretadas sódicas (65%), seguindo de águas mistas (17%), bicarbonatadas (15%) e, com menor ocorrência, águas sulfatadas (3%), não tendo maiores restrições para o consumo humano.
- As concentrações pontuais de cloretos identificadas nos aquíferos Dunas/Paleodunas e Barreiras devem estar associadas ao aumento gradativo da salinidade devido a proximidade da água do mar e das drenagens influentes, e as concentrações de nitrato também identificadas nesses sistemas hidrogeológicos podem ser indicativas de contaminação da água subterrânea pela atividade antrópica. As concentrações pontuais de ferro encontradas e forma mais intensa no aquífero Barreiras devem representar a influência da laterização a que foram submetidos os constituintes litológicos deste sistema.
- Do ponto de vista bacteriológico da água, 68% do total das análises apresentam bactérias do grupo coliforme, pertencentes aos gêneros *Escherichia Coli* e *Klebsiella*, com concentrações acima dos limites permitidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS). Esses resultados evidenciam a presença de microorganismos como indicador potencial de origem intestinal, revelando que as águas se encontram poluídas, merecendo uma atenção especial relativo ao tratamento preliminar antes de serem distribuídas ao usuário.

- Para o uso industrial são necessários cuidados especiais com a qualidade química das águas. Os valores de STD, dureza, ferro e pH de algumas amostras encontram-se acima dos limites permitidos, devendo cada caso ser submetido a tratamento adequado. Para uso na agricultura os resultados analíticos indicam que 95% das águas da região estão classificadas nos tipos C₂ S₁ e C₁ S₁, podendo ser usadas na maioria das culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, F. F. M. de; HASSUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do Nordeste, 7, Campina Grande, Atas, 363-391.
- [2] CAVALCANTE, I. N. 1998. Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo. 150p. São Paulo.
- [3] CEARÁ. 1992. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Secretaria de Recursos Hídricos. Diagnóstico. Volume II. Fortaleza-CE. 4v. p. 285-286.
- [4] DRISCOLL, F. G. 1986. Groundwater and wells. 2ª ed. Minesota. H. N. Smyth Comp. Inc. p.796-820.
- [5] LOGAN, J. 1965. Interpretação de análises químicas da água. U. S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife-PE.
- [6] MATHESS, G. 1982. The properties of groundwater. USA: John Wiley & Sons, 406 p.
- [7] RIBEIRO, J. A. P. 2001 – Características hidrogeológicas e hidroquímicas da Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza – Ceará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia. Fortaleza-CE.112p.
- [8] SANTOS, A. C. 2000 – Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, C. A. F. & FILHO, J. M. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza. CPRM cap.5, p.81-108, 2ª ed.
- [9] SOUZA, M. J. N. de. 1997. Geomorfologia. In: Atlas do Ceará. Secretaria do Planejamento e Coordenação – SEPLAN. Fundação Instituto de Planejamento do Ceará – IPLANCE. p.18-19.
- [10] SZIKSZAY, M. 1993. Geoquímica das águas. Boletim IG, São Paulo, nº 5.