

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO VALE DO CARIRI - ÁREA EM CRATO, JUAZEIRO DO NORTE E BARBALHA - ESTADO DO CEARÁ, BRASIL

<sup>1</sup>Cícero Roberto Martins Lopes; <sup>2</sup>Itabaraci Nazareno Cavalcante; <sup>3</sup>Wellington de Goes de  
Guerra Jr; <sup>4</sup>Francisco Wladiston Cordeiro Dias

## RESUMO

O estudo da qualidade das águas subterrâneas no Cariri em uma área nos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha é a meta principal deste trabalho. O trabalho realizado numa área de 410 km<sup>2</sup> e delimitado pelas coordenadas 07° 10' e 07° 25' S e 39° 10' e 39° 30' W Gr. Em termos iônicos predominam as águas do tipo bicarbonatadas mistas, com potabilidade dentro dos padrões exigidos para saúde e sem restrições para uso na irrigação. O abastecimento público da área pode ser feito totalmente por água subterrânea, com água de boa qualidade físico-química e bacteriológica. As águas subterrâneas da área foram classificadas, segundo o Diagrama de Piper, como bicarbonatadas 79,2% (mistas, sódicas e magnesianas), 10,4% cloretadas magnesianas e 10,4% mistas. O diagrama de Schöeller & Berkloff revelou que as águas subterrâneas apresentam poucas restrições ao consumo humano (boa potabilidade), sendo apenas não recomendável o seu uso generalizado na indústria (dureza média/alta). Todas as amostras, segundo o Diagrama U. S. Salinity Laboratory são águas que apresentam baixo a médio teor de salinidade sem qualquer restrição de uso na agricultura.

## ABSTRACT

The study of the quality of the groundwater in Cariri in an area in the municipal districts of Crato, Juazeiro do Norte and Barbalha is the main objective of this work. The work accomplished in an area of 410 km<sup>2</sup> and defined by the coordinates 07° 10 ' and 07° 25 ' S and 39° 10 ' and 39° 30 ' W Gr. , It has for objective to evaluate the quality of the groundwater; The hydrogeological data reveals that the area can total be provisioned by groundwater of good quality physical-chemistry. In ionic terms the water of the bicarbonated type prevail, with potable water inside of the patterns demanded for health and without restrictions for use in the irrigation. As all the urban great center in development, the Cariri's Region presents a level where pollution risks to the hydric systems

*XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços*

*II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste*

1

1- Mestre em Geologia –UFC, pesquisador LABHI/DEGEO – UFC – [ciceruroberto@zipmail.com.br](mailto:ciceruroberto@zipmail.com.br).

2- Prof. Dr. Adjunto do Dept°. de Geologia - UFC - AV. Humberto monte, S/N - Pici Bloco 913, fortaleza – [ita@fortalnet.com.br](mailto:ita@fortalnet.com.br)

3- Graduando do curso de Geologia – UFC – DEGEO – [wellington\\_goes@bol.com.br](mailto:wellington_goes@bol.com.br)

4- Mestre em Geologia –UFC, pesquisador LABHI/DEGEO – UFC – [wladiston@yahoo.com.br](mailto:wladiston@yahoo.com.br)

(underground and superficial) they are considerable, even with the current good situation of the groundwater consumed by the population. In ionic terms the waters of the type mixed bicarbonateds prevail, with potability inside of the patterns demanded for health and without restrictions for use in the irrigation. All the samples, according to the Diagram U. S. Salinity Laboratory is waters that present low to medium salinity text without any use restriction in the agriculture.

Palavras-Chave: Hidrogeologia; Qualidade; Cariri

## **1- INTRODUÇÃO**

As águas subterrâneas do Cariri representam a base do desenvolvimento sócioeconômico da região e constituem o principal bem mineral explotado pelas comunidades, sendo que cerca de 90% do abastecimento de água da região é realizado através de poços e fontes, onde estão localizadas as cidades mais importantes em termos de desenvolvimento social, político e econômico (CEARÁ, 1992).

O Cariri representa a mais importante e maior bacia hidrogeológica do Ceará, onde o seu potencial hídrico subterrâneo destaca-se das outras bacias sedimentares do estado. O abastecimento público de água nas cidades de Juazeiro do Norte, Crato, Barbalha e mais 12 municípios é proveniente de água subterrânea, através de poços profundos ou fontes, gerenciados principalmente pela CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará) e empresas como o SAAEC (Sistema Autônomo de Água e Esgoto do Ceará), prefeituras municipais e FNS (Fundação Nacional de Saúde).

Nesta região destacam-se, pela importância político-social e demanda hídrica, os municípios de Barbalha, Juazeiro do Norte e Crato, os quais são objetos desse trabalho.

### **1.1 – Objetivos**

Este trabalho tem por objetivo geral gerar conhecimento tecno-científico para a exploração dos recursos hídricos subterrâneos da região entre Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha onde foram considerados a análise das características que influenciam na qualidade das águas subterrâneas.

## 1.2 - Localização e Acesso da Área

A área objeto deste trabalho localiza-se na parte sul do estado do Ceará, situando-se entre as coordenadas 07° 10' e 07° 25' S, 39° 10' e 39° 30' W Gr. Engloba parte dos municípios de Juazeiro do Norte (94 km<sup>2</sup>), Crato (158 km<sup>2</sup>) e Barbalha (158 km<sup>2</sup>) em um total de 410 km<sup>2</sup>. O acesso pode ser feito a partir de Fortaleza – capital do Estado, através da rodovia federal BR-116 e das rodovias estaduais CE-060, CE-292 e CE-293. A área de estudo dista 555 km de Fortaleza.

## 1.3 - Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada nesse trabalho está representada nas etapas agora descritas.

### 1.3.1 - Levantamento Bibliográfico

Nessa primeira etapa foi feita um levantamento bibliográfico com a catalogação de 46 títulos entre relatórios técnicos, trabalhos de congressos, simpósios e livros, além de 2 monografias de graduação, 4 dissertações de mestrado e 1 tese de doutorado. A pesquisa bibliográfica foi realizada junto aos Órgãos Públicos Federais, Estaduais, Municipais e Empresas Privadas, que serviram para um conhecimento das características da região, propiciando a execução das etapas posteriores do presente trabalho. Juntamente a isso, foi feita a aquisição de mapas geológicos e hidrogeológicos de escala 1:30.000, utilizando bases cartográficas 1:100.000 elaborados em oportunidades anteriores. A principal base cartográfica usada na elaboração dos mapas piloto foi a carta básica 1:100.000 da SUDENE, Folha Crato-CE (SB.24-Y-D-III). Ainda dentro dessa etapa, foi feito o cadastro de 548 fichas dos poços tubulares existentes nos municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, juntamente com o cadastro de 48 análises físico-químicas e bacteriológicas feitas nas águas dos poços tubulares.

### 1.3.2 - Análises de Laboratório

As amostras de água foram enviadas para o Laboratório da CAGECE, que utiliza os métodos padrões do “*Standart Methods for Examination of Water and Wastewater*” para a realização das análises físico-químicas e bacteriológicas. Nos resultados das análises apresentados são determinados a turbidez, cor, odor, pH, alcalinidade, dureza, cálcio, magnésio, condutividade, cloretos, cloro residual, sulfatos, ferro, manganês, O<sub>2</sub> consumido, sódio, potássio, nitritos, nitratos, amônia, sólidos totais e alumínio.

### 1.3.3 - Etapa de Campo

Para o reconhecimento geológico e hidrogeológico, foram realizados perfis perpendiculares às principais feições estruturais e estratigráficas da área, a fim de melhor estabelecer suas relações de contato e posicionamento em relação ao contexto regional.

Na visitação de alguns poços foram utilizados medidores de nível d'água, pH e de condutividade elétrica para complementar as informações de hidroquímica. Todos os poços de Juazeiro do Norte e Barbalha pertencentes a CAGECE foram visitados e as coletas de amostras de águas para análise foi efetuada pelo Laboratório Regional da CAGECE em Juazeiro do Norte. As amostras de águas dos poços tubulares do Município do Crato foram coletadas pela SAAEC.

Para verificação da acuracidade das informações, tanto no mapeamento quanto do inventário dos poços, foram obtidos dados atuais das obras de captação e aspectos diversos, localização dos principais pontos com risco potencial de poluição existentes na área, mostrando a ação antrópica e modo de uso e ocupação do meio.

### 1.3.4 - Tratamento dos Dados

Os 548 poços cadastrados passaram por uma análise comparativa de dados de maneira que algumas informações foram alteradas e atualizadas, como coordenadas, valores físico-químicos relativos a condutividade elétrica e pH, ou situação de uso (desativados e em funcionamento). Os poços foram agrupados em um catálogo geral de poços, com uma ordem de numeração de acordo com a sua localização (ordem alfabética). As 48 análises físico-químicas e bacteriológicas obtidas no decorrer dos trabalhos também foram agrupadas em um catálogo de análises.

As análises físico-químicas tiveram sua precisão avaliada através da fórmula de Stabler e foram usadas nos diagramas de classificação iônica, nível de potabilidade e uso para irrigação. Esses resultados foram obtidos utilizando o programa de qualidade de água *Qualigraf*.

### 1.3.5 - Elaboração do Trabalho

Foram confeccionados gráficos relacionados a parâmetros de poços e das análises físico-químicas das águas dos poços. Desses dados foram obtidas informações sobre uso atual dos poços e qualidade das águas pertencentes a Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha.

## 2 - PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS

Quando se estuda a relação de uma população com a água que ela consome, fica evidente a necessidade de se conhecer os aspectos qualitativos que dependem do seu estado natural, físico e químico, associado a qualquer alteração que possa ter ocorrido sob a ação humana (FEITOSA, 1997).

### 2.1 - Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Dos 48 poços que tiveram suas águas analisadas, todos ficaram classificados como tendo água doce (Figura 1). Em Juazeiro do Norte 8 amostras revelam valores entre 40 a 100 mg/L de STD, 10 amostras entre 101 e 200 mg/L e 4 amostras entre 201 e 300. Em Barbalha 6 amostras revelam valores entre 40 a 100 mg/L de STD, 4 amostras entre 101 e 200 mg/L e 3 amostras entre 201 e 300. Em Crato 4 amostras revelam valores entre 40 a 100 mg/L de STD, 7 amostras entre 101 e 200 mg/L e 1 amostra entre 201 e 300 (Figura 2). Fica evidente que todos os parâmetros estão dentro do padrão de potabilidade.

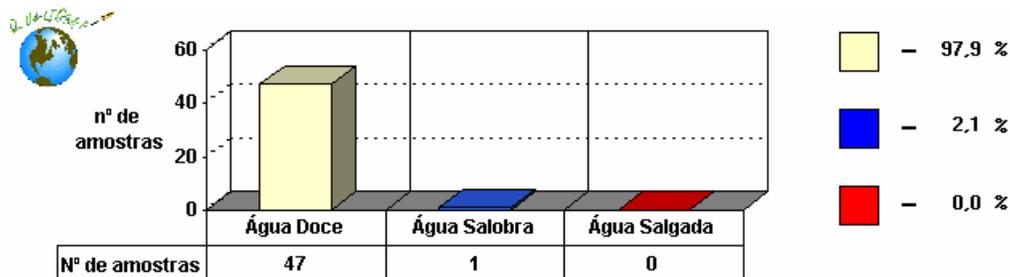


Figura 1 – Classificação das águas subterrâneas da área em relação ao STD (mg/L).

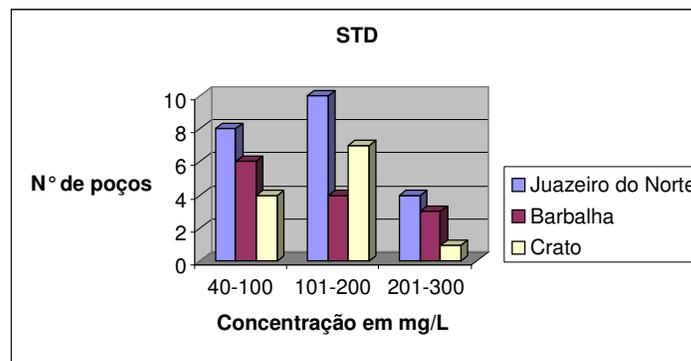


Figura 2– Distribuição dos valores de STD nas águas subterrâneas dos poços tubulares da área.

## 2.2 – Dureza

A média dos valores das 48 amostras da área de estudo é de 109,8 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, revelando que as águas da região enquadram-se com sendo do tipo “dura” na classificação de Custodio & Llamas (1976). Essas águas variam de “brandas até muito duras” onde os valores oscilam de 23 até 243 mg/L de CaCO<sub>3</sub> (Tabela 1).

Tabela 1- Classificação das águas subterrâneas da área de estudo segundo a dureza.

Tipo (*)	Teor de CaCO <sub>3</sub> (*)	No. de Amostras	Frequência Relativa (%)
	(mg/L)		
Branda	< 50	7	14,5
Pouco dura	50 - 100	14	29,2
Dura	100 - 200	25	52
Muito dura	> 200	2	4,3
Total		48	100

(\*)Custodio & Llamas, 1976 Fonte: LOPES, 2005.

O município de Juazeiro do Norte possui águas subterrâneas brandas (17%), 35% de águas pouco duras, 43% duras e 5% enquadram-se como sendo muito duras. O município de Barbalha não apresenta águas brandas, sendo que 15,4% das águas são pouco duras e 84,6% se enquadram como duras, não apresentando águas muito duras. O município de Crato possui águas brandas (25%), 33,3% de águas pouco duras, 33,3% se enquadram como duras e 8,4% enquadram-se como sendo muito duras. A figura 3 mostra a distribuição dos valores da Dureza nas águas subterrâneas dos poços tubulares da área de estudo.

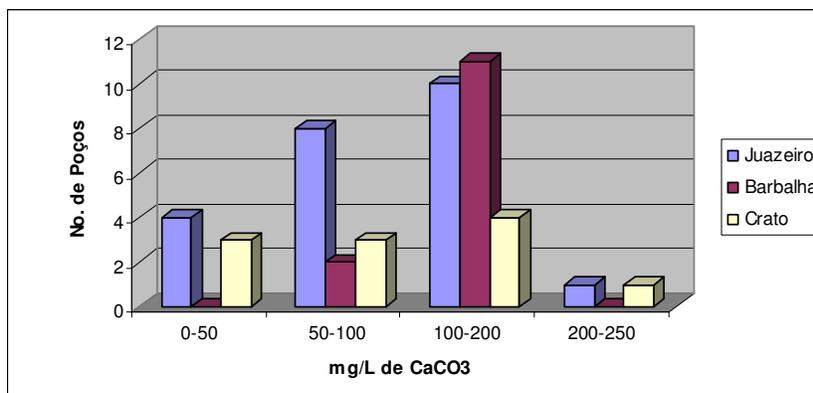


Figura 3 – Dureza nas águas subterrâneas dos poços tubulares da área.

### 2.3 - Condutividade Elétrica

Os valores da condutividade elétrica das águas dos 48 poços tubulares mostram que 96,7% situam-se abaixo de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C, estando assim, dentro dos padrões admissíveis de água potável. O valor médio é de 275  $\mu\text{S}/\text{cm}$  variando entre 84 (Barbalha) e 975 (Juazeiro do Norte). Os valores mais altos estão localizados nas águas subterrâneas dos poços no município de Juazeiro do Norte. Pode-se associar este fato a uma concentração maior de íons cátions nessas águas, devido estarem situadas em áreas de recarga.

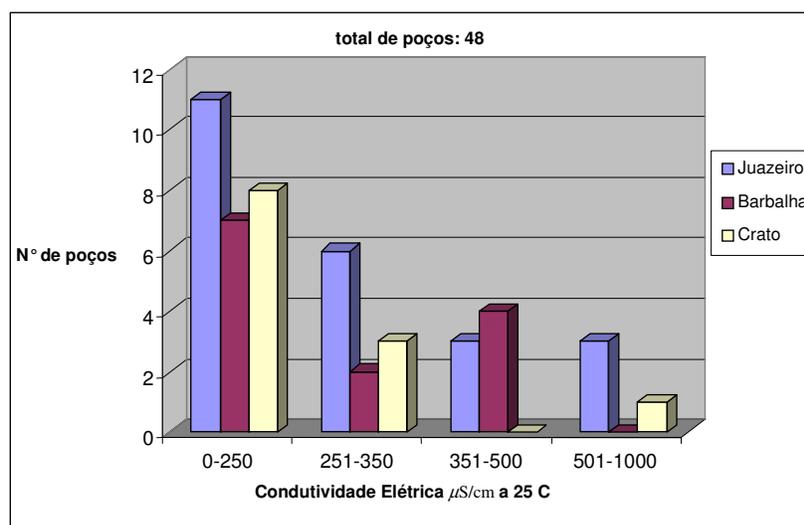


Figura 4 – Condutividade Elétrica das águas subterrâneas dos poços tubulares na área de estudo.

## 2.4 – pH

No conjunto de 48 amostras com valores medidos de pH, há uma variação entre 5,5 (poço localizado no Crato) e 8,3 (poço localizado em Juazeiro do Norte), onde 12 apresentaram um caráter ácido, 7 neutro e 29 básico. A média dos valores é de 7,2 representando um caráter básico para as águas dos poços tubulares da área.

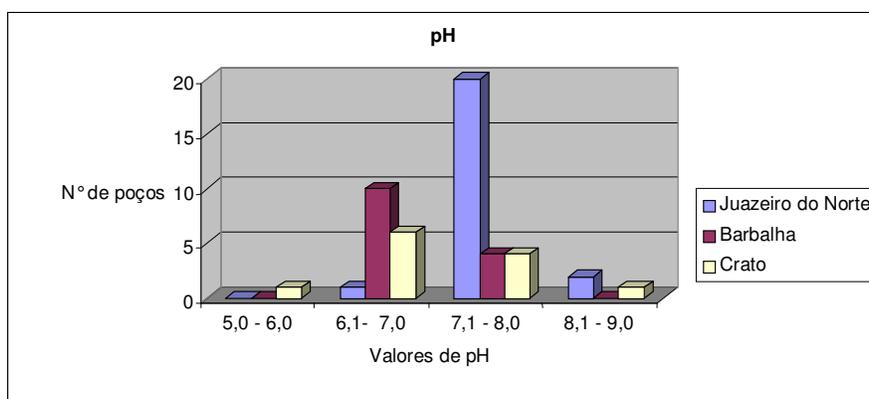
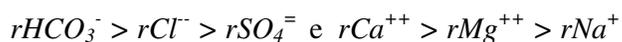


Figura 5 - pH das águas subterrâneas dos poços tubulares na área de estudo.

## 2.5 - Classificação Iônica das Águas Subterrâneas

Para a classificação iônica das águas utilizou-se do Diagrama de Piper, onde foram identificadas diferentes classes e tipos predominantes de águas existentes nos aquíferos da região, sendo observada a seguinte relação iônica entre cátions e ânions:



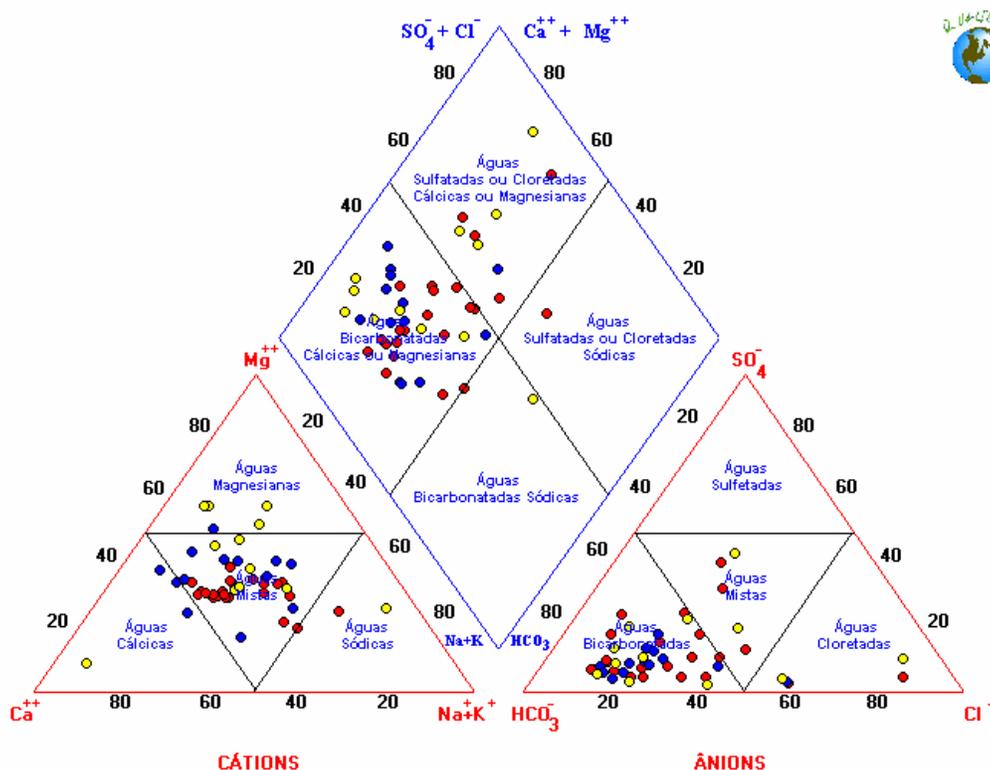
Foram consideradas 48 análises agrupadas por município. A figura 6 mostra o Diagrama de Piper com a fácies química das águas subterrâneas da área de estudo.

Existe uma predominância da classe bicarbonatada, seguida das cloretada e mista. A presença maior do íon bicarbonato sobre os outros ânions é característica de águas continentais e aquíferos sedimentares, e também em função dos litotipos locais, pois na região concentra-se diversas minas de calcário.

As águas bicarbonatadas são aquelas com as concentrações de  $HCO_3^-$  iguais ou superiores a 50% do total, onde os ânions representam 79,2% das amostras analisadas. Nesta classe predomina o tipo mista, seguida pela cálcica e magnésiana. Existe uma concentração maior dessa classe nos municípios de Juazeiro do Norte e Barbalha.

As águas cloretadas foram consideradas aquelas cuja predominância igual ou superior a 50% do ânion cloreto sobre os demais, representada por 10,4% das amostras analisadas, revelando um caráter pobre em cloretos e sulfatos. Neste tipo existe a predominância do tipo mista detendo maior representatividade.

Foram consideradas como águas mistas, aquelas situadas na parte central dos diagramas triangulares, por não apresentarem concentração superior de um ânion qualquer sobre os demais. Elas constituem 10,4% das amostras analisadas, com representatividade maior para a do tipo mista.



● Poços em Crato; ● Poços em Juazeiro do Norte; ● Poços em Barbalha.

Figura 6 – Fácies química das águas subterrâneas da área de estudo.

## 2.6 - Qualidade das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas representam importantes contribuições ao atendimento da demanda hídrica, efetivas ou potenciais, a nível regional e local, que importa conservar. Porém, a qualidade das águas subterrâneas é susceptível de ser afetada pelas atividades antrópicas, representada pelos usos e ocupações do meio físico, em particular pelas áreas urbanas, infra-estruturas e equipamentos, agricultura e zonas verdes. A contaminação das águas subterrâneas é, na generalidade das situações,

persistente, pelo que a recuperação da qualidade destas águas é, em regra, muito lenta e difícil. A proteção dessas águas constitui, assim, um objetivo estratégico da maior importância no quadro de um desenvolvimento equilibrado e duradouro, onde a potabilidade e uso constituem temas relevantes.

## 2.7 – Potabilidade

A água potável é definida como aquela que pode ser consumida pelo homem e que não venha prejudicar sua saúde, sendo de boa qualidade e sabor agradável. Nas análises físico-químicas e bacteriológicas, essas características podem ser observadas e relacionadas a padrões (Tabela 2).

No Diagrama de Schöeller foram plotados a média geral das concentrações das análises físico-químicas de 48 amostras da área de estudo (Figura 7). Observa-se que todas os poços captam águas subterrâneas inseridas dentro do padrão de potabilidade, sendo classificadas com boas, havendo uma exceção no que diz respeito a dureza onde foram enquadradas como medíocres.

Tabela 2 - Valores obtidos das análises das águas da área de estudo

Parâmetros	Unidade	Mínimo	Máximo	Portaria n° 36/90 MS	Padrão OMS
pH	-	5,5	8,3	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
C.E.	$\mu S/cm$	84	975	-	-
Dureza	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	23	243	500	500
Na	mg/L	2,8	134,6	-	200
K	mg/L	1,0	38,5	-	-
Ca	mg/L	2,2	97,4	-	-
Mg	mg/L	3,8	31,2	-	-
Mn	mg/L	0,02	0,04	0,1	0,1
Fe total	mg/L	0,01	1,53	0,3	0,3
Cl	mg/L	06	183	250	250
SO <sub>4</sub>	mg/L	0,4	173	400	400
HCO <sub>3</sub>	mg/L	5,9	225	-	-
NO <sub>3</sub>	mg/L	0,8	36,5	10	10
Al	mg/L	0,001	0,15	0,2	0,2

Ministério da Saúde (MS); Organização Mundial de Saúde (OMS)

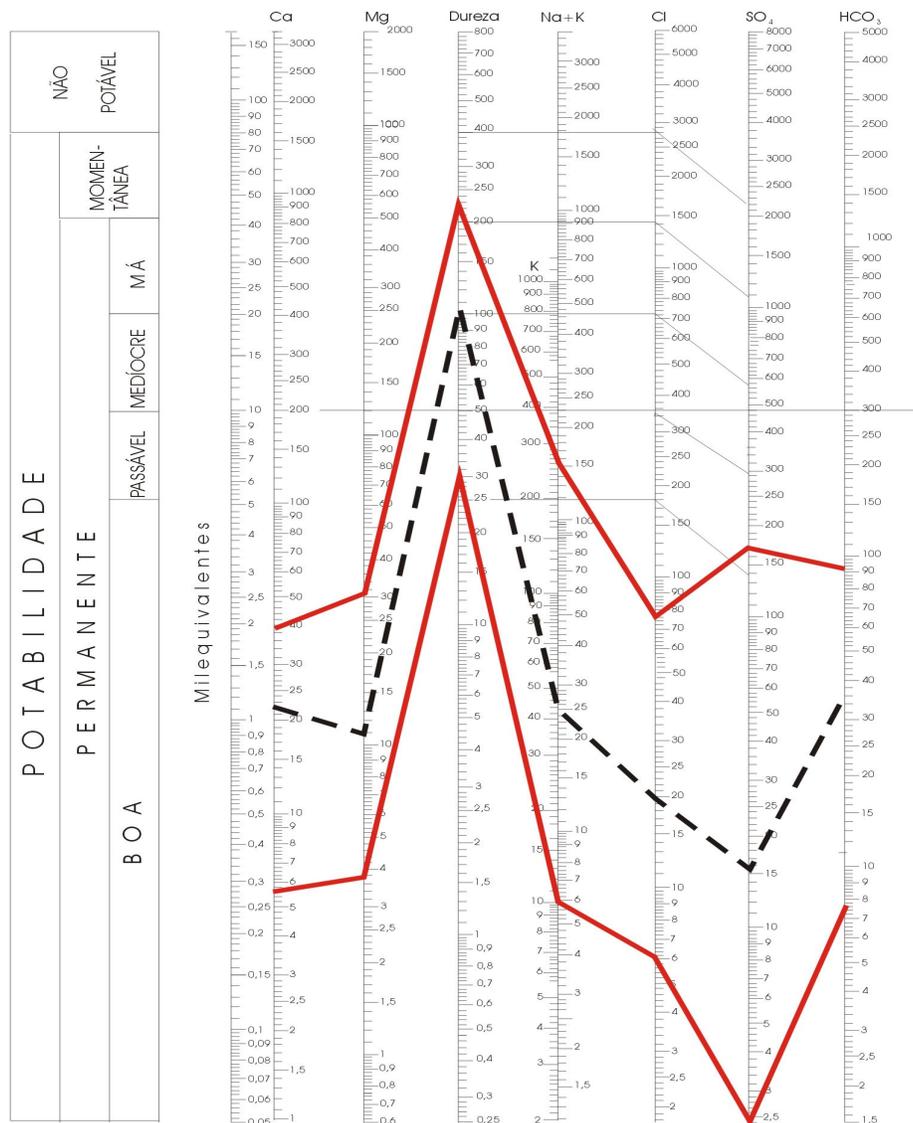


Figura 7 – Potabilidade - Média geral das 48 análises das águas subterrâneas da área estudada

## 2.8 – Ferro

As águas subterrâneas dos poços que abastecem Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha têm teores de ferro que variam de 0,01 a 1,53 mg/L com média de 0,18 mg/L, com Juazeiro do Norte destacando-se dos demais municípios da área com maior presença de ferro em 12 amostras, cuja concentração varia de 0,1 a 0,3 mg/L. A maioria das águas dos poços da área estão com teores de Fe dentro dos padrões de potabilidade segundo a OMS.(Figura 8).

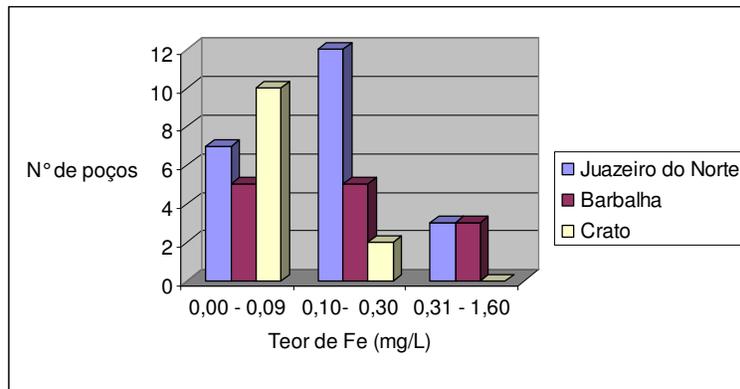


Figura 8 – Concentrações de Ferro nas águas subterrâneas dos poços tubulares da área de estudo.

## 2.9 - Manganês (Mn<sup>+</sup>)

É um elemento que acompanha geralmente o ferro em decorrência de seu comportamento geoquímico ocorrendo em teores abaixo de 0,2 mg/L, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros.

Nas 48 amostras analisadas, apenas em 5 amostras em Crato observou-se a presença de manganês entre 0,02 a 0,04 mg/L, mas essas águas estão dentro dos padrões de potabilidade da OMS que aceita valores de manganês de até 0,1 mg/L.

## 2.10 - Alumínio (Al)

O alumínio está presente em 43 amostras na área de estudo com uma média de 0,02 mg/L, sendo que a maioria está abaixo do valor máximo recomendável pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que é de 0,02 mg/L. Apenas uma amostra de um poço de Juazeiro do Norte apresentou um valor elevado de 0,15 mg/L.

## 2.11 - Cloretos (Cl<sup>-</sup>)

Na área de estudo a concentração de cloreto nas águas subterrâneas dos poços varia de 6 a 183 mg/L, com média de 24,2 mg/L. Esses valores estão abaixo do recomendado pela OMS, que é de 250 mg/L (Figura 9).

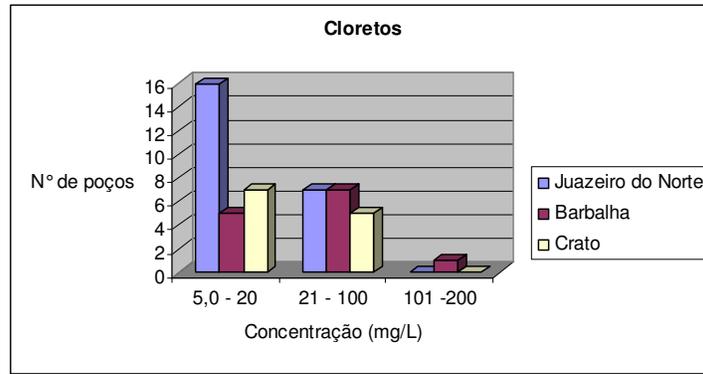
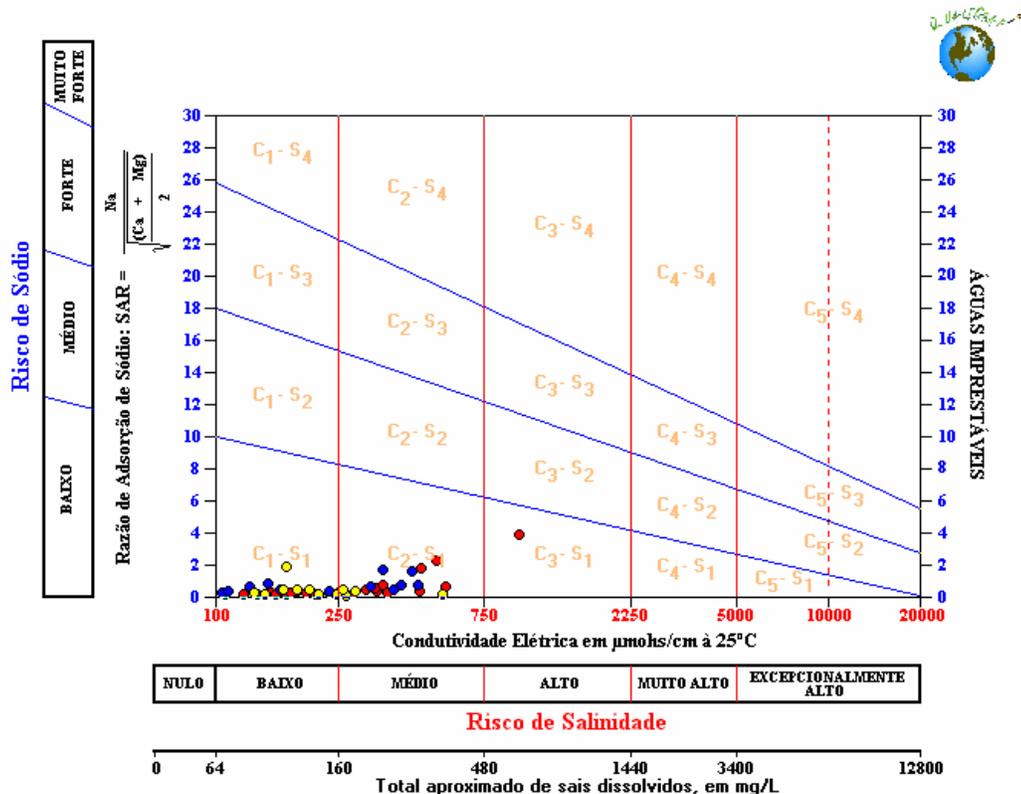


Figura 9 - Concentrações de cloreto nas águas subterrâneas da área de estudo.

## 2.12 - Razão de Adsorção de Sódio

A figura 10 mostra um diagrama com a classificação das águas subterrâneas dos poços tubulares da área de estudo para irrigação. As águas subterrâneas dos poços da área de estudo prestam-se para o cultivo de quase todos os vegetais havendo uma exceção num poço em Juazeiro do Norte que está com água com teor elevado em relação ao risco de sódio (PJ 25).



● Poços em Crato; ● Poços em Juazeiro do Norte; ● Poços em Barbalha.

Figura 10 – Classificação das águas subterrâneas para irrigação.

## 2.13 - Bacteriologia da Água

As bactérias constituem o principal grupo de organismos da microbiologia, devido ao grande número de espécies e de suas múltiplas atividades. São importantes pelas múltiplas atividades desenvolvidas, aumentando a fertilidade dos solos pela conversão do nitrogênio atmosférico em compostos nitrogenados utilizados pelas plantas, produzindo enzimas, deteriorando alimentos e causando doenças ao homem e animais, etc. Estas variadas atividades constituem uma parte da imensa gama de processos úteis (maiores) e nocivos (minoria) realizados por estes seres.

### 2.13.1 - Caracterização bioquímica

Além da físico-química, foram realizadas também 48 análises bacteriológicas, com o objetivo de identificar possíveis organismos patogênicos que comprometem a qualidade da água e, conseqüentemente, a saúde do homem. As amostras foram coletadas na sua maioria em poços que a população utilizava a água para consumo.

A tabela 3 mostra os resultados das amostras bacteriológicas e os valores de amônia, nitrito, nitrato e oxigênio consumido das amostras coletadas.

Tabela 3 - Análises bacteriológicas e de potabilidade das águas subterrâneas da área de estudo.

Poço Nº	Município	Bactérias	Amônia N-NH <sub>3</sub> (mg/L)	Nitrito N-NO <sub>2</sub> (mg/L)	Nitrato N-NO <sub>3</sub> (mg/L)	O <sub>2</sub> Consumido O <sub>2</sub> (mg/L)
PJ-1	Juazeiro do Norte	-	0,92	0,84	1,9	1,0
PJ-2	Juazeiro do Norte	-	0,81	0,73	10,1	0,6
PJ-2 A	Juazeiro do Norte	-	0,77	0,59	36,5	1,5
PJ-3	Juazeiro do Norte	-	1,1	0,26	27,4	1,0
PJ-4	Juazeiro do Norte	-	0,12	0,42	6,9	0,8
PJ-5	Juazeiro do Norte	-	0,35	0,73	3,1	0,4
PJ-6	Juazeiro do Norte	-	0,42	0	3,8	0,8
PJ-7	Juazeiro do Norte	-	0,29	0,33	9,8	0,8
PJ-9	Juazeiro do Norte	-	1,01	0,81	3,8	1,4
PJ-10	Juazeiro do Norte	-	0,6	0,71	4,6	0,5
PJ-11	Juazeiro do Norte	-	0	0	3,1	1,5
PJ-12	Juazeiro do Norte	-	0,68	0,22	2,3	1,0
PJ-13	Juazeiro do Norte	-	0,99	0,15	2,4	3,0
PJ-14	Juazeiro do Norte	-	0,17	0,75	4,2	1,8

PJ-15	Juazeiro do Norte	-	0,33	0	2,6	0,8
PJ-16	Juazeiro do Norte	-	1,33	0,27	3,6	1,9
PJ-17	Juazeiro do Norte	-	1,19	0,23	3,4	3,3
PJ-18	Juazeiro do Norte	-	1,22	0,33	2,4	2,3
PJ-19	Juazeiro do Norte	-	0,94	0,49	2,7	1,8
PJ-20	Juazeiro do Norte	-	0,02	0	2,9	1,5
PJ-22	Juazeiro do Norte	-	0,83	0,55	3,2	1,0
PJ-23	Juazeiro do Norte	-	0,66	0,49	2,7	0,8
PJ-25	Juazeiro do Norte	-	1,03	0,22	0,0	1,3
PB-01	Barbalha	-	0,51	0,43	3,5	1,1
PB-02	Barbalha	-	0,12	0,23	7,7	0,6
PB-03	Barbalha	-	0,03	0,23	1,5	1,4
PB-04	Barbalha	-	0	0,47	5,1	0,3
PB-05	Barbalha	-	0,54	0,77	1,1	0,9
PB-06	Barbalha	-	0,58	0,1	1,6	2,0
PB-07	Barbalha	-	0,29	0	5,0	2,6
PB-08	Barbalha	-	0,4	0	1,2	0,9
PB-09	Barbalha	-	0,29	0	1,4	1,7
PB-10	Barbalha	-	0,35	0	1,2	2,4
PB-11	Barbalha	-	0	0,098	1,3	0,6
PB-12	Barbalha	-	0	0	0,8	1,4
PB-13	Barbalha	-	0	0	1,0	1,1
PC-1	Crato	-	0,09	0,01	20,0	0,5
PC-2	Crato	-	0,085	0,34	24,7	1,4
PC-3	Crato	-	0,94	0,09	3,1	1,2
PC-4	Crato	-	1,08	0,05	27,1	1,3
PC-5	Crato	-	0,11	0,12	5,7	3,2
PC-6	Crato	-	0,19	0,18	5,0	2,4
PC-7	Crato	-	0,74	0,67	4,2	0,7
PC-8	Crato	-	0,16	0,81	1,8	0,5
PC-9	Crato	-	0,39	0,61	2,1	1,1
PC-10	Crato	-	1,07	0,44	0,9	0,3
PC-11	Crato	-	0,05	0,11	7,9	1,2
PC-12	Crato	-	0,011	0,44	1,1	0,9

Nas 48 amostras analisadas não foram detectadas a presença de bactérias. O aspecto construtivo, a manutenção e a localização desses poços contribuem para esse quadro.

Na interpretação dos compostos nitrogenados, foram considerados os valores máximos permissíveis (VMP) para o consumo humano estabelecidos pela Portaria N.º 1469/00/MS do

Ministério da Saúde, que para a amônia é de 1,5 N-NH<sub>3</sub> (mg/L), para o nitrito é de 1,0 N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mg/L) e para o nitrato é de 10 N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L).

A amônia foi encontrada em 44 amostras tendo valores mínimo de 0,085 mg/L (PC 2), e máximo de 1,33 mg/L (PJ16), onde a média é de 0,49 mg/L. Todas as análises estão dentro dos padrões de potabilidade do Ministério da Saúde (Portaria 36/90).

O nitrito foi encontrado em 38 amostras, onde os valores mínimo é de 0,09 mg/L (PC 3), e máximo de 0,85 mg/L (PJ 1), onde a média é de 0,31 mg/L. Todos os valores encontrados são menores que os valores máximos permissíveis pelo MS (Portaria 36/90).

O nitrato foi detectado em 47 amostras, apresentando uma maior faixa de variação dos valores detectados para os compostos nitrogenados, indo de 0,8 a 36,5 N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L). Cinco amostras estão acima do valor máximo permitido pelo Ministério da Saúde (Portaria 36/90).

Os valores máximos permissíveis de nitrato e nitrito na água para consumo humano foram estabelecidos para prevenir a metahemoglobinemia, uma doença que transforma a hemoglobina em metahemoglobina, forma em que a molécula é incapaz de transportar oxigênio. Na área de estudo tanto o nitrato quanto o nitrito estão dentro dos padrões seguros para a saúde pública.

O oxigênio consumido, ou "demanda de oxigênio", não mede a quantidade de oxigênio existente em uma água, mas somente a quantidade necessária para oxidar certos materiais orgânicos existente na amostra. Quanto maior a quantidade de material orgânico, maior a quantidade exigida para oxidá-los. O teste padrão não nos dá indicação de todos os materiais orgânicos que se encontram presentes na água, pois algumas substâncias, por exemplo, as proteínas não se oxidam por este processo (LOGAN, 1965).

Quando o valor na concentração do oxigênio consumido é superior à 3,5 mg/L, pode-se suspeitar da existência de poluição na água. O valor máximo encontrado na área foi de 3,3 mg/L e o mínimo de 0,3. A média ficou em 1,3 mg/L, o que constata que as águas da área de estudo possuem valores inferiores ao valor máximo permitido.

### **3- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A área de estudo ocupa uma área de 410 km<sup>2</sup> sendo um dos maiores pólos urbanos do estado do Ceará, com uma população de 379.366 habitantes tendo o comércio como principal atividade econômica.

A geologia é dividida em dois compartimentos tectono-estratigráficos distintos: o Embasamento Pré-Cambriano, com as rochas do Grupo Cachoeirinha e os Granitóides do proterozóico superior, e as unidades inferiores que compõem a Bacia Sedimentar do Araripe (formações Mauriti, Brejo Santo, Missão Velha e Rio da Batateira). Além dessas, o município é

ainda provido dos Depósitos Cenozóicos recentes, relacionados as coberturas terció-quaternárias e as planícies aluviais.

Em termos hidrogeológicos, a área apresenta quatro sistemas distintos, onde dois se definem como aquíferos (Depósitos Cenozóicos e formações Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira), um possui o comportamento de aquíclúde (Formação Brejo Santo) e o embasamento cristalino possui pouca importância hidrogeológica local sendo, de maneira geral, um aquífugo.

O Sistema Hidrogeológico Mauriti, Missão Velha e Rio da Batateira é o mais importante para a região, em termos de exploração de água subterrânea, onde 80% dos poços construídos se encontram nesse sistema.

O abastecimento público da área pode ser feito totalmente por água subterrânea, com água de boa qualidade físico-química e bacteriológica. As águas subterrâneas da área foram classificadas, segundo o Diagrama de Piper, como bicarbonatadas 79,2% (mistas, sódicas e magnesianas), 10,4% cloretadas magnesianas e 10,4% mistas. O Diagrama de Schöeller & Berkloff revelou que as águas subterrâneas apresentam poucas restrições ao consumo humano (boa potabilidade), sendo apenas não recomendável o seu uso generalizado na indústria (dureza média/alta). Todas as amostras, segundo o Diagrama U. S. Salinity Laboratory, são águas que apresentam baixo a médio teor de salinidade sem qualquer restrição de uso na agricultura.

Recomenda-se um trabalho a médio/longo prazo onde seja realizada a tratamento dos rios e riachos que bordejam os município três municípios pois, atualmente, grande parte dos esgotos da área é despejado neles e alguns poços estão locados nas suas proximidades; estudos para implantação de lixões em áreas preparadas e que não ofereça risco de contaminação por chorume no subsolo e, conseqüentemente, as águas subterrâneas.

Na área de estudo foi iniciado um programa de implantação do saneamento básico com serviços de rede de. Por isso faz-se necessário o desenvolvimento de estudo de planejamento pelos órgãos governamentais, para a expansão do sistema de saneamento básico na área urbana.

#### **4- BIBLIOGRAFIA**

BRASIL, 1981. Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/Natal. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. MME/SG, p. 87-97.

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. São Paulo.

CEARÁ. 1992. Plano estadual dos recursos hídricos. Secretaria de Recursos Hídricos. Diagnóstico.

Fortaleza. v. 1.

CEARÁ. 1992. Plano Estadual dos Recursos Hídricos. Secretaria dos Recursos Hídricos. Estudos de Base II. Fortaleza. v. 3.

FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. 1997. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza. CPRM/LABHID-UFPE. 412 p.

LOGAN, J. 1965. Interpretação de análises químicas da água. U. S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife.

MONT'ALVERNE, A. A. F.; PONTE, F. C.; COSTA, W. C.; DANTAS, J. R. A; LOPES, C. F.; MELO JUNIOR, A. H.; PONTE, J. S. A ; FILGUEIRA, J. B. M.; SOUZA, S. do R.; SILVA, E. C. C. da. 1996. Projeto Avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros. Recife. Fase I. 100p. il.