

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA REGIÃO DO CARIRI, CE.

Antony Gleydson Lima Bastos¹; Francismário de Menezes Alves²; Joelma Lima Oliveira³; Celme Torres F. da Costa⁴

RESUMO – A região do Cariri, localizada na região sul do estado do Ceará, apesar de estar inserida no “polígono das secas” é detentora de alguns dos Aquíferos mais importantes do Nordeste do Brasil. Este estudo objetiva analisar quantitativamente os parâmetros de qualidade da água subterrânea no aquífero médio da região os quais funcionam como indicadores dos riscos potenciais no que se refere a restrição do uso deste recurso para irrigação, abastecimento público e privado. A escolha dos pontos de amostragem foi feita utilizando como critérios uma distribuição espacial uniforme dos poços na área em estudo. Os parâmetros de qualidade das águas subterrâneas que apresentaram variações significativas foram sólidos totais dissolvidos (STD), nitrato e condutividade elétrica. O bário foi quantificado em todas as amostras e nenhum traço de agrotóxico foi quantificado. Conclui-se, portanto, que as águas do aquífero médio na região do Cariri são apropriadas para o consumo humano e em geral, também para o uso na agricultura. As águas de recarga interferem nas concentrações iônicas durante o período chuvoso e se constata a ação antrópica tornando algumas águas não apropriadas para o consumo humano.

ABSTRACT – The Cariri region, located in the southern state of Ceará, despite being included in the "polygon of drought" holds some of the most important aquifers in northeastern Brazil. This study aims to quantitatively analyze the quality parameters of the groundwater aquifer in the region average which act as indicators of potential risks as regards the restriction of the use of this resource for irrigation, public supply and private sectors. The choice of sampling points was made using criteria such as a uniform spatial distribution of wells in the study area. The parameters of groundwater quality that showed significant variations were total dissolved solids (TDS), nitrate and electrical conductivity. Barium was quantified in all samples and no trace of pesticide was quantified. It follows therefore that the water in the aquifer medium Cariri region are suitable for human consumption and in general, also for use in agriculture. The water recharge interferes in ionic concentrations during the rainy season and we see the human action making some waters unsuitable for human consumption.

Palavras-Chave – qualidade de água; água subterrânea; contaminação.

1) Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte-CE, Fone/Fax: +55 (88) 3572.7201, antonygleydson@oi.com.br

2) Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte-CE, Fone/Fax: +55 (88) 3572.7201, francismario@gmail.com

3) Mestrando em Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte-CE, Fone/Fax: +55 (88) 3572.7201, joelma@ifce.edu.br

4) Profª Ajunta, Universidade Federal do Ceará, Campus Cariri, Av. Tenente Raimundo Rocha, s/n, Juazeiro do Norte-CE, Fone/Fax: +55 (88) 3572.7201 celmetorres@ufc.br

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos subterrâneos representam uma reserva estratégica de água de boa qualidade para suprimento das demandas hídricas de uma região. Segundo Borghetti (2004) esses recursos representam uma quantidade cerca de 100 vezes maior que as águas superficiais no mundo.

A importância desta fonte ganha realce quando há predominância de escassez hídrica, como em algumas regiões no Nordeste Brasileiro, conhecidas como Semiárido Nordestino, que apresentam volumes anuais precipitados consideráveis, da ordem de 400 a 800 mm, no entanto com alta irregularidade de distribuição no tempo, provocando longas estiagens, com o ressecamento dos leitos de muitos rios e reduções drásticas nas lâminas d'água de reservatórios (REBOUÇAS, 1997).

O semiárido Nordeste abrange parcialmente o Estado do Ceará, atingindo na sua totalizada a região do Cariri com intensa busca por águas subterrâneas através de poços tubulares públicos e privados, com predominância de uso para abastecimento doméstico, dessedentação de animais e irrigação.

A gestão dos recursos hídricos no Estado é referencia nacional, no entanto enfrenta ainda algumas dificuldades, principalmente decorrentes da ausência de informações organizadas sobre a qualidade das águas subterrâneas exploradas na região. Este cenário contribui para a degradação deste recurso natural e gera estagnação de atividades econômicas, dentre estas a agricultura irrigada, ainda muito incipiente nesta região e restrita a pequenas áreas familiares. Por outro lado, havendo um incentivo ao uso das águas subterrâneas para fins agrícolas, processos de gestão mais eficientes serão demandados.

Este estudo objetiva caracterizar os parâmetros hidroquímicos, físicoquímicos, metais pesados e agrotóxicos, de qualidade da água subterrânea no aquífero médio da região do Cariri, localizado na Bacia Sedimentar do Araripe, os quais funcionam como indicadores dos riscos potenciais no que se refere a restrição do uso deste recurso para irrigação, abastecimento público e privado.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

A região do Cariri está localizada no nordeste do Brasil, mais precisamente no sul do Estado do Ceará. Trata-se de uma das áreas mais úmidas e férteis dos vales de pé de serra da Chapada do Araripe. Possui uma área total de 19.364 km², com 33 municípios localizados ao longo da fronteira com o Estado de Pernambuco até os limites do Piauí e Paraíba. A região apresenta uma dinâmica econômica baseada, principalmente, nos setores da agricultura, de serviços além do turismo religioso. A principal alternativa de fonte hídrica é a água subterrânea, responsável pelo suprimento

de 530.000 habitantes, considerando apenas os municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, sem considerar a população flutuante. A Figura 01 identifica a área em estudo.

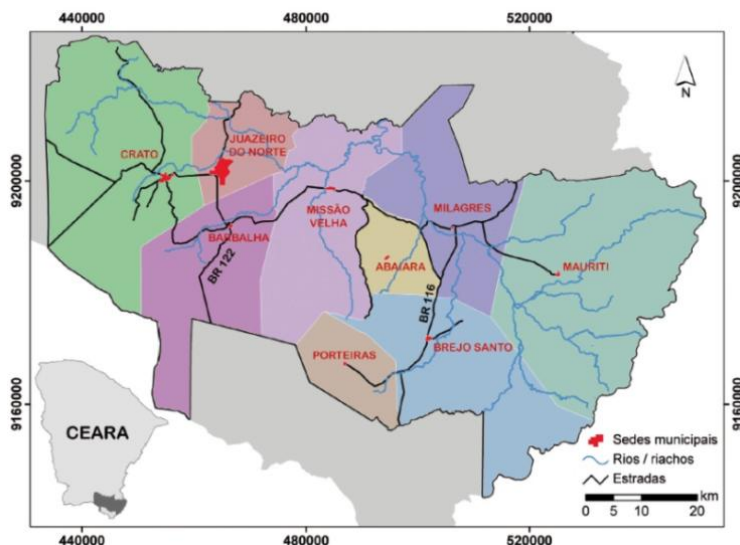


Figura 01 – Localização da área em estudo.

As chuvas na região ocorrem de janeiro a abril, podendo se estender até maio, nos municípios de Crato e Juazeiro do Norte. A precipitação pluviométrica média para a região encontra-se em torno de 668,6 mm a 1.153 mm. Segundo o sistema de classificação climática de Köppen (Köppen e Geiger, 1928), a área caracteriza-se por um clima quente e úmido com estação seca no inverno. A temperatura média anual se apresenta entre 24°C e 26°C (TAVARES et al., 2009).

De acordo com Moraes Neto et al. (2006) a estratigrafia da Bacia do Araripe possui 04 formações: (i) uma sequência paleozóica, denominada Formação Mauriti; (ii) uma sequência pré-rifte, que comporta duas unidades litoestratigráficas, a Formação Brejo Santo e a Formação Missão Velha; (iii) uma sequência rifte a Formação Abaiara, composta por arenitos, folhelhos e argilas carbonáticas; e (iv) uma sequência pós-rifte representada por três sistemas deposicionais distintos a Formação Rio da Batateira, as Formações Santana e Arajara e a Formação Exú.

A região é caracterizada por duas unidades geomorfológicas: a Chapada do Araripe e a Depressão Sertaneja (Ribeiro e Veríssimo, 1996). Diversos solos são encontrados na região, sendo a maioria: latossolo amarelo distrófico, podzólico vermelho amarelo eutrófico, aluviais eutróficos, litólico eutrófico, areias quartzosas distróficas e vertissolo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A região do Cariri está localizada na Bacia Sedimentar do Araripe que caracteriza-se por intenso tectonismo que produziu uma sequência de *horsts* e *grabens* como mostra a Figura 02; por

isso os parâmetros determinados foram separados e analisados por municípios, ou seja, por diferentes localizações geográficas dos locais de coleta.

A escolha dos pontos de amostragem foi feita utilizando como critérios uma distribuição espacial uniforme de poços. Assim, foram selecionados dentro de um arquivo geral de poços da região: 8 poços no município de Barbalha, 15 poços no município do Crato e 30 poços no município de Juazeiro do Norte. No estudo foram definidas duas campanhas de campo, a primeira coleta realizada no final do período seco (dezembro/2009) e a segunda coleta, realizada no final do período chuvoso (agosto/2010). A Figura 02 apresenta a distribuição espacial dos pontos de amostragem.

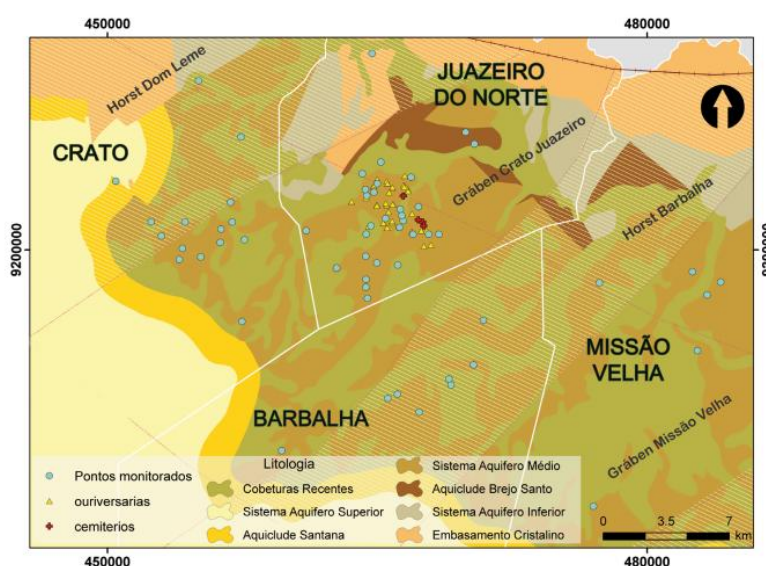


Figura 02 – Localização dos pontos de amostragem do monitoramento hidroquímico.

3.1 Caracterização hidroquímica e físico-química

As amostras de águas foram coletadas diretamente dos poços após serem bombeadas por, no mínimo, cinco minutos para análise de pH, condutividade elétrica (CE), temperatura, dureza total, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, bicarbonato, carbonato, amônia, nitrito, nitrato, turbidez, cor aparente, sólidos totais dissolvidos (STD) e ferro. Temperatura, CE e pH foram medidos in loco utilizando uma sonda portátil. Os métodos utilizados para efetuar as análises foram baseados no *Standard methods for the examination of water and Wastewater* (APHA, 1992).

As curvas de calibração, elaboradas para os diferentes tipos de determinação, tanto fotométricas como espectrofotométricas, mostraram coeficientes de correlação da ordem de 0,99, enquanto as análises titulométricas foram realizadas sempre em duplicata, com diferença de valores na faixa de 0 – 5%. Os resultados das análises tiveram erros de balanço iônico abaixo de 10%, valor admissível pela literatura (Santos, 2008) e indicam, assim, que as análises físico-químicas e químicas têm características de alta precisão.

3.2 Análises de Metais pesados e Agrotóxicos

Os metais pesados, bário, cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco, foram analisados em 15 amostras de águas dos poços. Os métodos de análise utilizados pelo laboratório estão descritas no *Standard methods for the examination of water and Wastewater* (APHA, 1998), sendo o bário quantificado por espectrômetro de emissão atômica e os demais metais por espectrômetro de absorção atômica. Os agrotóxicos triclorfon, paration metil, fenitrothion, malation e paration etil foram analisados em 10 amostras de águas dos poços. O método de análise utilizado foi a cromatografia gasosa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros hidroquímicos

Os resultados dos parâmetros hidroquímicos para as amostras de água subterrânea dos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, região do Cariri, CE, estão apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 – Descritores estatísticos calculados para os parâmetros de qualidade das águas subterrâneas amostradas nos municípios do Crato, Barbalha e Juazeiro do Norte.

Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas no Crato - Período seco												
Parâmetros	STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺
Máximo	520,20	80,70	32,70	30,40	34,80	133,70	44,40	201,20	3,66	0,33	14,13	0,15
Mínimo	91,00	1,60	3,40	8,90	5,10	16,00	0,20	11,70	0,54	0,03	0,20	0,03
Média	216,27	17,96	13,61	17,31	11,25	41,35	11,69	84,57	1,58	0,13	4,17	0,07
Desvio Padrão	129,48	24,07	9,35	7,17	8,67	37,20	15,04	58,05	1,02	0,10	4,91	0,04
Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas no Crato - Período chuvoso												
Máximo	609,00	96,00	32,10	35,00	30,00	120,80	44,90	275,70	1,30	3,45	12,81	1,00
Mínimo	127,00	1,60	5,80	7,70	3,50	9,70	0,40	18,80	0,28	0,14	0,32	0,01
Média	216,35	17,94	13,89	18,80	10,52	40,91	11,61	81,25	0,81	0,65	5,12	0,14
Desvio Padrão	117,16	23,79	8,09	8,83	5,97	29,76	12,87	65,37	0,38	0,85	4,66	0,26
Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas em Barbalha - Período seco												
Parâmetros	STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺
Máximo	487,00	94,70	17,80	36,60	11,60	52,70	52,50	271,20	2,81	3,62	4,23	0,31
Mínimo	61,40	1,60	0,50	7,70	3,50	7,50	0,10	17,50	0,47	0,03	0,32	0,05
Média	269,73	32,89	9,75	19,30	7,16	20,84	20,84	148,34	1,17	0,67	1,76	0,13
Desvio Padrão	146,85	30,22	6,07	8,94	2,68	14,40	19,57	86,76	0,79	1,32	1,49	0,09
Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas em Barbalha - Período chuvoso												
Máximo	513,10	65,60	36,00	39,80	10,10	49,70	72,90	288,20	0,87	1,00	4,57	0,36
Mínimo	57,40	12,00	0,97	7,70	3,50	7,80	0,43	18,80	0,47	0,22	0,84	0,02
Média	277,39	28,93	16,66	21,35	6,79	19,61	25,82	158,21	0,66	0,40	1,92	0,10
Desvio Padrão	170,72	21,32	12,75	12,27	2,45	15,86	29,81	102,18	0,17	0,30	1,61	0,15
Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas em Juazeiro do Norte - Período seco												
Parâmetros	STD	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₃	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺
Máximo	1807,00	197,00	28,90	203,00	37,10	418,10	455,20	428,60	3,53	1,17	39,44	0,84
Mínimo	89,50	1,60	0,50	5,40	8,40	6,60	0,10	5,80	0,21	0,01	0,20	0,01
Média	306,55	33,78	8,12	33,00	14,89	52,26	24,13	100,50	1,46	0,19	8,63	0,17
Desvio Padrão	315,49	36,39	7,30	37,75	7,37	79,83	82,43	95,34	0,98	0,29	11,49	0,21
Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas em Juazeiro do Norte - Período chuvoso												
Máximo	2243,00	164,00	152,10	304,00	37,10	532,90	673,20	347,80	1,48	4,07	32,79	1,02
Mínimo	58,70	1,60	1,90	5,40	3,50	3,90	0,10	6,30	0,14	0,12	0,11	0,01
Média	310,58	24,53	19,45	33,67	12,03	54,39	34,02	95,05	0,63	0,52	9,20	0,12
Desvio Padrão	390,42	31,13	27,95	54,72	8,67	100,18	122,26	86,44	0,35	0,87	10,80	0,19

De todas as amostras de águas analisadas, apenas um poço em Juazeiro do Norte apresentou valores de STD acima de 1000 mg/L, Valor Máximo Permitido (VMP) citado na Resolução N° 396 do CONAMA (2008). Os resultados mostram um aumento na concentração de STD entre o período seco e o período chuvoso, na maioria das águas amostradas nos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte.

As águas de Barbalha apresentaram maior concentração de cálcio no período seco, enquanto magnésio e sódio apresentaram redução. A concentração de potássio manteve-se na mesma ordem. No período seco e chuvoso, as águas do Crato apresentaram concentração de cátions similares, pouca redução ou aumento foi constatado em alguns poços. Em Juazeiro do Norte, no período chuvoso, houve redução de cálcio, magnésio e potássio na maioria das amostras, ocorrendo o inverso para o sódio. No período seco, o cálcio predominou em 53,3% das águas e, no período chuvoso o sódio teve maior concentração (50%) das águas analisadas.

De acordo com a Resolução N° 396 do CONAMA (2008), não há restrição quanto às concentrações de cálcio, magnésio e potássio. Para o sódio o VMP é de 200 mg/L para consumo humano.

Os cloretos são muito solúveis, estáveis em solução e de difícil precipitação; não sofrem oxidação nem redução em águas naturais e estão, em geral, associados aos íons de sódio, na proporção molar 1:1, principalmente, em águas salinas. Os padrões de potabilidade, geralmente, limitam o teor de cloreto em 250 mg/L, quando esse valor é ultrapassado, confere um sabor salgado à água. Os cloretos podem funcionar como indicadores de poluição por esgotos sanitários.

Em Barbalha, as águas dos poços apresentaram concentrações de cloreto, sulfato e bicarbonato sem muitas variações no período seco e chuvoso, o ânion em maior concentração foi o bicarbonato. As águas dos poços do Juazeiro do Norte não apresentaram variações significativas nas concentrações de cloreto, sulfato e bicarbonato no período seco e chuvoso.

A Resolução n° 396 do CONAMA estabelece as restrições quanto às concentrações de nitrito e nitrato, sendo de 1,0 mg NO_2^- /L e 10,0 mg NO_3^- /L, respectivamente, os VMP para consumo humano e a Portaria n° 518 (MS, 2004) menciona 1,5 mg NH_3 /L como VMP de amônia para consumo humano.

As amostras de água subterrânea em Barbalha, Juazeiro do Norte e Crato apresentaram valores de nitrito abaixo do VMP. No caso do nitrato o município do Crato indicou valores máximos um pouco acima do VMP nos dois períodos analisados e no município de Juazeiro do Norte foram detectados valores máximos alarmantes de 39,44 mg/L no período seco e de 32,79 mg/L no período chuvoso. Nesse município foi constatada a contaminação das águas pelos

compostos de nitrogênio, onde 23,3% das amostras de águas analisadas apresentaram concentração de nitrato acima do VMP para consumo humano.

4.2 Parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos (turbidez, cor, dureza, condutividade elétrica (CE) e pH) encontram-se descritos na Tabela 02, para as campanhas realizadas no período seco e no período chuvoso, para os mesmos municípios, onde no período chuvoso, a cor aparente foi menor do que no período seco para a maioria das amostras.

Tabela 02 – Descritores estatísticos calculados para os parâmetros físico-químicos das amostras de água subterrânea nos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, região do Cariri, CE.

Parâmetros físico-químicos - Município de Barbalha										
Parâmetros	Período seco					Período chuvoso				
	Turbidez	Cor	Dureza	CE (µS/cm)	pH	Turbidez	Cor	Dureza	CE (µS/cm)	pH
Máximo	3,62	41,30	312,80	639,00	7,30	2,40	18,01	312,00	800,00	8,30
Mínimo	0,01	6,00	5,90	73,00	6,00	0,34	1,80	4,00	89,00	7,00
Média	1,48	15,60	123,99	324,38	6,78	0,97	8,11	122,75	429,75	7,78
Desvio Padrão	1,29	11,79	102,71	197,57	0,52	0,69	7,09	102,73	255,27	0,50
Parâmetros físico-químicos - Município do Crato										
Parâmetros	Período seco					Período chuvoso				
	Turbidez	Cor	Dureza	CE (µS/cm)	pH	Turbidez	Cor	Dureza	CE (µS/cm)	pH
Máximo	3,50	27,00	332,60	769,00	6,90	7,80	35,93	364,00	950,00	7,00
Mínimo	0,41	7,21	21,80	113,00	4,60	0,38	3,60	26,00	190,00	4,00
Média	0,93	14,65	101,77	293,47	6,09	1,56	13,80	99,07	336,40	5,91
Desvio Padrão	0,76	6,55	83,26	166,11	0,63	2,21	10,33	86,21	183,64	0,75
Parâmetros físico-químicos - Município de Juazeiro do Norte										
Parâmetros	Período seco					Período chuvoso				
	Turbidez	Cor	Dureza	CE (µS/cm)	pH	Turbidez	Cor	Dureza	CE (µS/cm)	pH
Máximo	151,00	23,40	861,30	2930,00	7,90	1,90	18,00	1036,00	940,00	8,30
Mínimo	0,23	5,41	5,90	110,00	4,20	0,35	1,80	8,00	90,00	4,50
Média	10,72	12,97	130,42	443,47	6,13	0,67	4,36	134,34	374,93	6,46
Desvio Padrão	35,81	4,89	157,05	531,71	0,87	0,40	4,17	189,16	215,85	0,95

Como a Resolução do CONAMA N° 396 não menciona VMP para cor aparente em águas subterrâneas, os valores deste parâmetro foram relacionados com o VMP da Portaria N° 518 (2004). No período seco, 33,9% das amostras tiveram águas com valores de cor aparente acima de 15 uH ; e no período chuvoso, 16,9% das amostras de águas resultaram em valores de cor aparente maior que o da legislação em vigor. Os valores de cor aparente podem estar relacionados com a presença de corantes, em consequência da poluição e, possivelmente, associada à decomposição de vegetais ou oxidação de metais.

A turbidez é um parâmetro indicador da possível presença de argila, silte, substâncias orgânicas (ex: húmus) ou inorgânicas (ex: óxidos) finamente divididas, plâncton e algas. No período chuvoso, a maioria das águas dos poços monitorados apresentou valores de turbidez menor que no período seco.

Quanto ao parâmetro condutividade elétrica (CE) foi observado maiores valores no período chuvoso nos municípios de Barbalha e Crato. No município de Juazeiro do Norte os valores elevados do parâmetro foram observados no período seco.

As águas dos poços de Barbalha apresentaram no período chuvoso, aumento do pH em todas as amostras. No Crato, na maioria das amostras houve pouca variação nos valores de pH. Nas águas dos poços de Juazeiro do Norte das 30 amostras analisadas em 43,3% houve aumento do pH, e em 20% ocorreu redução, nas demais amostras de águas não se observou grandes variações. Quando a recarga do aquífero é baixa, a variação do pH é pouco observada.

Destaca-se que o dióxido de carbono (CO_2) reage com a água (H_2O) e gera o ácido carbônico (H_2CO_3), que por sua vez, atuará na dissolução dos minerais. Assim, o pH das águas é influenciado diretamente pela litologia local e pelo fluxo das águas. Segundo Mendonça (2006) *apud* DNPM, 1996, a área de estudo apresenta uma diversificação litológica caracterizada por arenitos, siltitos, calcários e folhelhos. Os municípios de Barbalha e Crato não apresentaram variação significativa quanto a dureza da água. Águas com maior dureza foram encontradas no município de Juazeiro do Norte.

4.3 Metais pesados e Agrotóxicos

A tabela 03 mostra os valores dos metais pesados analisados. As concentrações que apresentam o sinal < (menor que) são aquelas em que o metal não foi detectado a partir do Limite de Quantificação (LQ) da metodologia utilizada nas análises.

Tabela 03 – Descritores estatísticos calculados para metais pesado das amostras de água subterrânea nos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte, região do Cariri, CE.

Parâmetros	Período seco						Período chuvoso					
	Cr	Cu	Cd	Pb	Zn	Ba	Cr	Cu	Cd	Pb	Zn	Ba
Máximo	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,648	2,700	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	1,619	4,445
Mínimo	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,019	0,167	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,019	0,167
Média	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,100	0,573	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,177	1,121
Desvio Padrão	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,162	0,669	< 0,223	< 0,04	< 0,017	< 0,199	0,418	1,283

Os resultados mostram que cromo, cobre, cádmio e chumbo não foram detectados. Como o LQ dos métodos é maior do que o VMP da Resolução N° 396, não se pode afirmar que as amostras analisadas não tinham estes metais. Nenhum traço dos agrotóxicos triclorfon, paration metil, fenitrothion, malation e paration etil foi quantificado nas amostras de águas subterrâneas analisadas nesse estudo.

O bário foi quantificado em quase todas as amostras de água nos três municípios onde, 26,67% das amostras apresentaram valores acima do permitido para consumo humano no período seco e 46,67% apresentaram concentrações de bário acima de 0,7 mg/L no período chuvoso. A maior concentração de bário quantificada foi de 6,4 vezes maior que o valor permitido, indicando a necessidade de um tratamento de água eficiente para retenção do metal. Santiago et al. (2007) identificou bário nas águas dos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Missão Velha, e citam que a essa concentração pode ser de uma proveniência geológica, a partir da alteração de minerais

instáveis ou pouco estáveis como anfíbios e biotitas e que podem ser acessórios em rochas arenosas de ambiente fluvial/torrencial.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se, portanto, que as águas subterrâneas a região do Cariri, explotadas do aquífero médio, são apropriadas para o consumo humano e em geral, também para o uso na agricultura. As águas de recarga interferem rapidamente nas concentrações iônicas durante o período chuvoso e se constata a ação antrópica tornando algumas águas não apropriadas para o consumo humano, especialmente porque a maioria dos poços monitorados está em áreas urbanas, com baixa cobertura de esgotamento sanitário, considerando o desenvolvimento da região. Embora, o saneamento esteja avançando, poucas ligações foram efetivadas, fazendo com que fossas sépticas sejam continuamente utilizadas e ocorra lançamento de esgoto diretamente nos corpos hídricos.

Uma análise da distribuição espacial dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas mostrou que a falta de saneamento e os aspectos construtivos dos poços são fatores que contribuem para os eventos de contaminação verificados nesse estudo. Considerando a vulnerabilidade comprovada na área em estudo (Tavares et al., 2009), o aquífero explotado tende a um cenário futuro de eventos de contaminação significativos comprometendo o abastecimento público e privado da região.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq pelo fomento ao projeto através da Bolsa de Pesquisa em Produtividade e as contribuições apresentadas pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. (1992). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18. Ed. AWWA – WPCP, 1992.
- APHA. (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20. Ed. AWWA – WPCP, 1998.
- BORGHETTI, M.R.B.; BORGHETTI, J.R.; FILHO, E.F.R. (2004). *Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos países do Mercosul*. Curitiba: Fundação Roberto Marinho/Itaipu Binacional.
- CONAMA. Resolução Nº 396 de 03/04/2008. 11 p.
- CPRM (1999). *Programa Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará*. Fortaleza, CE, 1999. CD-ROM.

- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- MACHADO, C. J. F.; SANTIAGO, M. M. F.; MENDONÇA, L. A. R.; FRISHKORN, R. (2006). *Comportamento dos Aquíferos do Cariri. Juazeiro do Norte, Ceará*. Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia. 33 p. (Relatório de Pesquisa)
- MENDONÇA, L. A. R. (2001). *Recursos Hídricos da Chapada do Araripe*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Recursos Hídricos. Engenharia Hidráulica. UFC. 2001.
- MONT'ALVERNE, A.A.F. (1996). *Projeto Avaliação Hidrogeológica da Bacia Sedimentar do Araripe. Programa Nacional de Estudos dos Distritos Mineiros*. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Distritos Regionais Pernambuco e Ceará. Recife. 101 p. il.
- MORAIS NETO, J.M.; HEGARTY, K. A.; KARNER, G. D. (2006). *Abordagem preliminar sobre paleotemperatura e evolução do relevo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, a partir da análise de traços de fissão em apatita*. In: B. Geociências. Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, 2006, p.113-119.
- REBOUCAS, A. da C. (1997). *Água na Região Nordeste: desperdício e escassez*. Revista do Instituto Estudos Avançados, São Paulo, v. 11, n. 29, jan./abr, p. 127-154.
- RIBEIRO J. A.; VERÍSSIMO L. S. (1996). *Recursos hídricos e minerais do município de Barbalha-CE. Projeto Avaliação Ambiental da Região do Cariri (Projeto AMCARI)*. Fortaleza: CPRM/DNPM, 49p. (Série Ordenamento Territorial, v. 2).
- SANTOS, A. C. (2008). *Noções de Hidroquímica*. In: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. *Hidrogeologia Conceitos e Aplicações*. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, p. 325-357.
- TAVARES, P.R.L. ; CASTRO, M.A.H; COSTA, C.T.F.; SILVEIRA, J.G.P.; ALMEIDA, F.J.B.A. (2009). *Mapeamento da vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas localizadas na Bacia Sedimentar do Araripe, Estado do Ceará, Brasil*. REM – Revista Escola de Minas, v. 62, n. 2, p. 227-236.
- SANTIAGO, M.M.F.; SILVA, C.M.S.; FRISCHKORN, H.; MENDES FILHO, J.; VERÍSSIMO, L.S. (2007). *Hidrogeoquímica da Bacia Sedimentar do Cariri*. Universidade Federal do Ceará. Centro de Tecnologia, 95 p. (Relatório de Pesquisa)