



XII SIBESA

XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental  
2014



## I-041 - HIDROQUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA REGIÃO DO CARIRI CEARENSE, BRASIL

**Pedro Herleyson Gonçalves Cardoso<sup>(1)</sup>**

Especialista em Engenharia Ambiental pela FACET CESMAC. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pela UFAL.

**Maria Sinara Cavalcante Batista**

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela FATEC Cariri. Discente do curso de Engenharia Ambiental pertencente ao IFCE *campus* Juazeiro do Norte.

**Francisca Giselle Cruz**

Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela UFC. Professora do IFCE *campus* Crato.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Engenheiro Wilton Correia Lima 772, bairro Prado, Iguatu-CE Brasil - CEP: 63502-108

### RESUMO

Os processos e fatores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos. Neste sentido, este estudo objetivou caracterizar a água subterrânea no que diz respeito a parâmetros hidroquímicos e físico-químicos, visando indicar os riscos potenciais no que se refere à restrição do uso desta água. A área de estudo fica na região nordeste do Brasil, precisamente no sul do estado do Ceará. A água subterrânea analisada foi proveniente de poços de acesso ao aquífero médio da região do Cariri, localizado na Bacia Sedimentar do Araripe. Os valores provenientes da realização das análises laboratoriais das amostras coletadas foram as de Bastos et al. (2011), que seguiram os métodos baseados no Standard methods for the examination of water and Wastewater (APHA, 1992). Neste contexto, com base nos dados obtidos, pode-se concluir que a água subterrânea analisada, no que diz respeito a parâmetros hidroquímicos e físico-químicos verificados, está própria para o consumo humano, bem como para a utilização na irrigação. Portanto, possivelmente a utilização desta água para os fins considerados não indicam riscos potenciais no que se refere à restrição do uso desta água.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água potável, água subterrânea, hidroquímica.

### INTRODUÇÃO

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos presentes nas águas subterrâneas, procurando estabelecer-se uma relação com o meio físico rochoso. Os processos e fatores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muitos outros fatores interferem, tais como: o clima, a composição da água da recarga, o tempo de contato/meio físico entre outros, além da contaminação antropica (FENZEL, 1986; MARION et al., 2007).

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo da mesma. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso, depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997; MARION et al., 2007).

Portanto, para que a água subterrânea seja considerada potável, é necessária a realização de análises microbiológicas e físico-químicas, a fim de verificar se ela está dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano estabelecidos nas normas vigentes no País (CELLIGOI, 1999).

Neste contexto, este estudo objetivou caracterizar a água subterrânea no que diz respeito a parâmetros hidroquímicos e físico-químicos, visando indicar os riscos potenciais no que se refere à restrição do uso desta água.

## MATERIAIS E MÉTODOS

- Área de Estudo

A área de estudo fica na região nordeste do Brasil, precisamente no sul do estado do Ceará. A água subterrânea analisada foi proveniente de poços de acesso ao aquífero médio da região do Cariri, localizado na Bacia Sedimentar do Araripe. A região do Cariri Possui uma área total de 19.364 km<sup>2</sup>, com 33 municípios localizados ao longo da fronteira com o Estado de Pernambuco até os limites do Piauí e Paraíba. A principal alternativa de fonte hídrica é a água subterrânea, responsável pelo suprimento de aproximadamente 530.000 habitantes, considerando apenas os municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha, sem considerar a população flutuante. 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 (BASTOS et al., 2011).

- Caracterização da Água

Bastos et al. (2011) verificou a qualidade da água de 8 poços no município de Barbalha, 15 poços no município do Crato e 30 poços no município de Juazeiro do Norte, utilizando como critérios uma distribuição espacial uniforme de poços. 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).

Verificaram-se os seguintes parâmetros: 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. Os métodos utilizados foram baseados no Standard methods for the examination of water and Wastewater (APHA, 1992).

Os valores da análises foram comparados com a legislação pertinente a potabilidade e quanto a irrigação.

## RESULTADOS

Os resultados das análises (parâmetros hidroquímicos) realizadas a partir das amostras coletadas de água subterrânea dos municípios de Barbalha, Crato e Juazeiro do Norte estam reportadas na Tabela 01.

Observa-se que os valores médios da caracterização hidroquímica da região Crato não variaram nos períodos considerado chuvoso e seco.

Verificou-se na segunda região estudada (Barbalha) uma diferença entre o período chuvoso e seco. Nos valores dos resultados em relação a amônia, nitrito e nitrato. No período considerado chuvoso os valores destes parâmetros citados foram maiores, com exceção do nitrato que no período chuvoso observou-se menor que o valor verificado no período seco.

Na terceira região pesquisada (Juazeiro do Norte), notou-se as mesmas características da região Barbalha, apenas com uma diferença nos valores de nitrito que no período seco verificou-se valores menores que os averiguados no período chuvoso.

No que diz respeito ao parâmetro STD, ferro notou-se que a concentração estava equilibrada tanto no período seco quanto no período chuvoso em todas as cidades estudadas, sem variabilidade de concentração.

**Tabela 01** – Resultado hidroquímico da qualidade da água subterrânea analisada

Hidroquímica de águas subterrâneas amostradas no Crato - Período seco												
Parâmetros	STD	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe <sup>2+</sup>
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 <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe <sup>2+</sup>
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 <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe <sup>2+</sup>
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

Os resultados das análises (parâmetros físico-químicos) encontram-se descritos na Tabela 02. A avaliação de parâmetros físico-químico fornece uma idéia da qualidade da água subterrânea de um determinado local. A estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), obtida através da Condutividade Elétrica dá uma idéia da potabilidade da água. Quando a estimativa for igual ou maior que 1000 mg/L, as águas são salobras e/ou podem estar contaminadas (MARION et al., 2007).

Segundo Feitosa e Manoel Filho (1997) e Marion et al. (2007), na maioria das águas subterrâneas naturais, a Condutividade Elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,58 a 0,75, gera uma boa estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na água.

Segundo Fenzel (1986), a Condutividade Elétrica é o valor recíproco da resistividade elétrica. A condutividade da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade de a água transmitir a corrente elétrica. Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de Sais Dissolvidos e a Condutividade Elétrica, pode-se estimar o teor de sais pela medida da condutividade de uma água. A medida é feita através do condutivímetro e a unidade usada é o micromhos/cm, a uma dada temperatura em graus Celsius (MARION et al., 2007).

A alcalinidade da água é sua capacidade de neutralização de um ácido, sendo que a alcalinidade não significa necessariamente que o pH do meio deve ser superior a 7. A água subterrânea com pH abaixo de 7 pode conter alguns sais que neutralizam ácidos e, portanto, ter alguma alcalinidade mensurável. Os íons carbonato e

bicarbonato contribuem para a Alcalinidade da água, já os íons cloreto, sulfato e nitrato não (MARION et al., 2007).

**Tabela 02 – Resultado físico-químico da qualidade da água subterrânea analisada**

Parâmetros	Parâmetros físico-químicos - Município de Barbalha					Turbidez	Cor	Dureza	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
	Período seco									
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					Turbidez	Cor	Dureza	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
	Turbidez	Cor	Dureza	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	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					Turbidez	Cor	Dureza	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH
	Turbidez	Cor	Dureza	CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	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

## CONCLUSÕES

A água subterrânea analisada, no que diz respeito a parâmetros hidroquímicos e físico-químicos verificados, está própria para o consumo humano, bem como para a utilização na irrigação. Portanto, possivelmente a utilização desta água para os fins considerados não indicam riscos potenciais no que se refere à restrição do uso desta água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 18. Ed. AWWA –WPCP, 1992.
2. BASTOS, A. G. L.; ALVES, F. de M.; OLIVEIRA, J. L.; COSTA, C. T. F. Determinação dos parâmetros de qualidade das águas subterrâneas na região do cariri, CE. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Anais... João Pessoa-PB, 2012.
3. CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. Geografia, Londrina, v. 8, n.1, p. 91-97, 1999.
4. FENZEL, N. **Introdução à hidrogeoquímica**. Belém: UFP, 1986. 189 p.
5. FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR: Fortaleza, 1997. 389p.
6. MARION, F. A.; CAPOANE, V.; SILVA, J. L. S da. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS. **Revista Ciência e Natura**, UFSM, 29 (1): 97 - 109, 2007. 12p.