

INFLUÊNCIA DO AMBIENTE SEDIMENTAR NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA SEDIMENTAR NO MUNICÍPIO DE LAVRAS DA MANGABEIRA, CEARÁ

Michel Lopes Granjeiro^{1a}; Maria Marlúcia Freitas Santiago^{1b}; Horst Frischkorn²;
Carla Maria S. Vidal Silva^{1c}; Josué Mendes Filho^{1d}

Resumo – Amostras de água subterrânea foram coletadas na Formação Serrote do Limoeiro e na Formação Iborepi, pertencentes à Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira. Análises hidroquímicas mostram diferentes faixas de concentrações salinas nos dois aquíferos; as águas armazenadas na Formação Serrote do Limoeiro tem maiores condutividade elétrica do que as da Formação Iborepi. Os aerossóis marinhos contribuem para a salinidade das águas armazenadas na Formação Serrote do Limoeiro e o intemperismo de aluminossilicatos para o aumento da concentração de sódio nas águas da Formação Iborepi. O fator dominante no processo de salinização parece ser a granulometria dos sedimentos, influenciando na circulação das águas e seu tempo de permanência no aquífero.

Palavras-Chaves – Águas subterrâneas, qualidade de água, Lavras da Mangabeira.

Abstract – Samples of groundwater was collected in Serrote do Limoeiro Formation and Iborepi Formation, from Sedimentary Basin of Lavras da Mangabeira. Hydrochemical analyses show different tracks of salt concentrations in two aquifers, the water stored in Serrote do Limoeiro Formation has higher electrical conductivity than those of Iborepi Formation. The marine aerosols contribute to the water salinity from Serrote do Limoeiro Formation and weathering of aluminosilicates to increase the concentration of sodium in the waters of Iborepi Formation. The dominant factor in salinization process seems to be the size of sediments, influencing the movement of water and their length of stay in the aquifer.

¹Departamento de Física da UFC, Caixa Postal 6030, Cep. 60455-760, Tel.: (0xx) 85 3366.9913, Fax: (0xx) 85 3366.9450; e-mail: (a) michel@fisica.ufc.br; (b) marlucia@fisica.ufc.br; (c) carla@fisica.ufc.br (d) josué@fisica.ufc.br

²Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, Tel.: (0xx) 85 3366 9775, Fax: (0xx) 85 3366 9627, e-mail: cari@ufc.br.

INTRODUÇÃO

Pela localização geográfica e clima semi-árido, as águas encontradas no Estado do Ceará, em geral, têm problemas tanto de quantidade como de qualidade. As chuvas que caem na região são limitadas aos cinco primeiros meses do ano, portanto, mal distribuídas em relação ao tempo e ao espaço. Longos períodos de estiagem são freqüentes na região, o que caracteriza as Secas.

O Estado do Ceará tem cerca de 75% de sua área, em rochas cristalinas. Neste ambiente a água tem alta concentração salina sendo, muitas vezes imprópria para consumo humano. Além disso, essas rochas possuem baixa vocação para o armazenamento de água; nelas, a água é armazenada em descontinuidades representadas pelas fraturas abertas devido ao movimento tectônico, constituindo um meio de baixa transmissão.

Nos restantes 25% de área do Estado encontram-se terrenos sedimentares, onde a água é transmitida através da intercomunicação entre os espaços vazios dos grãos de tamanhos variados. A Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira é importante por fazer parte da área sedimentar no Ceará; é constituída de um conjunto de três pequenas bacias localizadas no município de Lavras da Mangabeira. O abastecimento da sede municipal é realizado pela CAGECE (Companhia de Água e Esgoto do Ceará) através do açude Extrema, com capacidade de armazenamento de 500.000 m³, que atende a 100% da população urbana. A zona rural se abastece de água subterrânea.

O conjunto das três pequenas bacias ocupa somente uma área aproximada de 60 km²; por isso, poucos trabalhos foram desenvolvidos na área e somente em escala regional. Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro. Hidrologia da bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira” (CPRM/UFC, 2007) e teve como objetivo identificar a influência das duas formações aquíferas sedimentares, Serrote do Limoeiro e Iborepi na qualidade da água subterrânea da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira.

ÁREA DE TRABALHO

O município de Lavras da Mangabeira está inserido na bacia hidrográfica do rio Salgado, que é o principal curso d'água na área. Os principais riachos são Unha de Gato, Extremo de Cima, São Lourenço, do Meio, do Machado, das Pombas.

A Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira é um conjunto de três pequenas bacias: a

Bacia do Riacho do Meio, com uma área aproximada de 33,2 km², a Bacia do Riacho do Rosário, com 24,8 km², e a mini-bacia de Iborepi, com 2,2 km².

O termo Grupo Lavras da Mangabeira é empregado para designar os pacotes de estratos sedimentares, intercalados por um derrame basáltico que ocorre nas bacias sedimentares de Lavras da Mangabeira. Ele inclui três unidades litoestratigráficas distintas: (1) uma unidade sedimentar inferior, a Formação Iborepi; (2) uma unidade sedimentar superior a Formação Serrote do Limoeiro e (3) intercalada entre elas, uma camada de rochas efusivas basálticas, o Basalto de Lavras da Mangabeira (Ponte et al., 1990), de idade Meso-Jurássica.

A unidade superior, Serrote do Limoeiro é formada por depósitos de planícies fluviais e lacustres rasos constituídos por arenitos de coloração vermelha, de granulação média a fina, classificação regular a boa, friáveis, com ocorrência freqüente de grãos de feldspato caulinizados. É bem estratificada em acamamento variável de médio a espesso. Estratificações cruzadas de pequeno porte são freqüentes nos bancos de arenitos de granulação média. Intercalam-se arenitos muito finos, siltitos e argilitos de coloração vermelha e também leitos delgados de folhelhos cinza-esverdeados, localmente fossilíferos (conchostráceos). As estruturas sedimentares, aliadas à coloração vermelha dos sedimentos são indicativas de ambientes lacustres rasos, com águas arejadas, e ambientes subaéreos de bordas de lagos e planícies fluviais.

A Formação Iborepi é a unidade litoestratigráfica basal do Grupo Lavras da Mangabeira. O nome deriva da vila de Iborepi, situada à margem esquerda do rio Salgado, na parte sul do Estado do Ceará, onde aflora uma das melhores seções dessa formação, que constitui a minibacia de Iborepi. Essa unidade basal é formada por depósitos de leques aluviais e bancos de arenitos fluviais anastomosados, carreados das áreas de embasamento para dentro da bacia, por correntes de água de forte competência de transporte. Litologicamente é composta por arenitos grosseiros, brancos a branco-amarelados, mal classificados, friáveis, com acamamentos de espessura irregular, normalmente espessa a muito espessos, com estratificações cruzadas. Localmente, níveis de conglomerados, com seixos rolados de quartzo intercalam-se nos arenitos. Eventualmente, delgadas camadas de siltitos e argilitos, de coloração avermelhada, podem ser encontradas, entremeadas na parte superior da unidade.

As rochas sedimentares que constituem as formações Serrote do Limoeiro e Iborepi representam, na região, um domínio hidrogeológico com potencial para a ocorrência de água subterrânea; entretanto, essa propriedade decresce em importância devido a sua restrita área de ocorrência e ao pouco conhecimento de suas características hidrodinâmicas.

Os índices pluviométricos mensais máximos ocorrem nos meses de fevereiro e março e a

precipitação anual média é de 724 mm. O clima da região se caracteriza por temperaturas médias variando de 23 °C, no “inverno”, a 29 °C no “verão”, IPLANCE (1997) e SRH-CE (1992).

METODOLOGIA

Para verificar a influência dos sedimentos na qualidade da água subterrânea da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira foram realizadas cinco coletas, em dezembro de 2005, abril de 2006, julho de 2006, outubro de 2006 e fevereiro de 2007 para análise hidroquímica. Para atingir os objetivos deste trabalho, utilizou-se somente as medidas de condutividade elétrica e das concentrações de Na⁺ e de Cl⁻ em amostras de sete poços onde foi possível amostrar mais de uma vez.

As medidas de condutividade elétrica foram realizadas em campo com condutímetro portátil e as concentrações de Na⁺ e de Cl⁻ foram feitas no Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará; a concentração de Na⁺ com leitura direta usando fotometria de chama e a de Cl⁻, por determinação volumétrica com AgNO₃ como solução titulante.

Todos os métodos utilizados estão listados no “Standard Methods”, os erros de todas as análises estão dentro dos limites aceitáveis, também de acordo com o “Standard Methods” (APHA, 1992) e são descritos por Santiago e Silva (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 estão os dados referentes aos poços tubulares amostrados: a numeração adotada, as coordenadas, a localidade com a sub-bacia, a profundidade e a Formação Geológica. As profundidades dos poços estão na faixa de 60 m a 80 m, com exceção somente do poço, P05, que tem profundidade de 155 m. A Figura 1 apresenta os locais de amostragem e a geologia da área.

A Tabela 2 apresenta os resultados das medidas de condutividade elétrica, concentração de Na⁺ e de Cl⁻; os poços P01, P06, P09 e P10 estão localizados na sub-bacia Riacho do Rosário e P02, P03, P04 e P5 na sub-bacia Riacho do Meio. O poço P01 não estava instalado por isso, as suas águas não são representativas do aquífero.

Tabela 1. Identificação dos poços tubulares amostrados em Lavras da Mangabeira. RR: Riacho do Rosário, RM: Riacho do Meio, SL: Serrote do Limoeiro, Ib: Iborepi

Poço	UTMN	UTME	Localidade/Sub-bacia	Prof. (m)	Formação Geológica
P01	9246709	487539	Sítio Angico- RR	60	SL
P02	9248351	498650	Sítio Calabaço- RM	70	SL
P03	9250367	502177	Sítio Logradouro- RM	62	SL
P04	9250516	498827	Sítio Barro Branco- RM	60	SL
P05	9250452	504236	Ass. Sítio Logradouro- RM	155	SL
P06	9249568	489850	Sítio Limoeiro- RR	68	SL
P07	9245579	489986	Varas 1- RR	80	Ib
P08	9246684	491657	Tabuleiro Alegre- RR	64	Ib
P09	9245479	487265	Areias- RR	60	Ib
P10	9245289	489383	Sítio Varas 2- RR	60	Ib

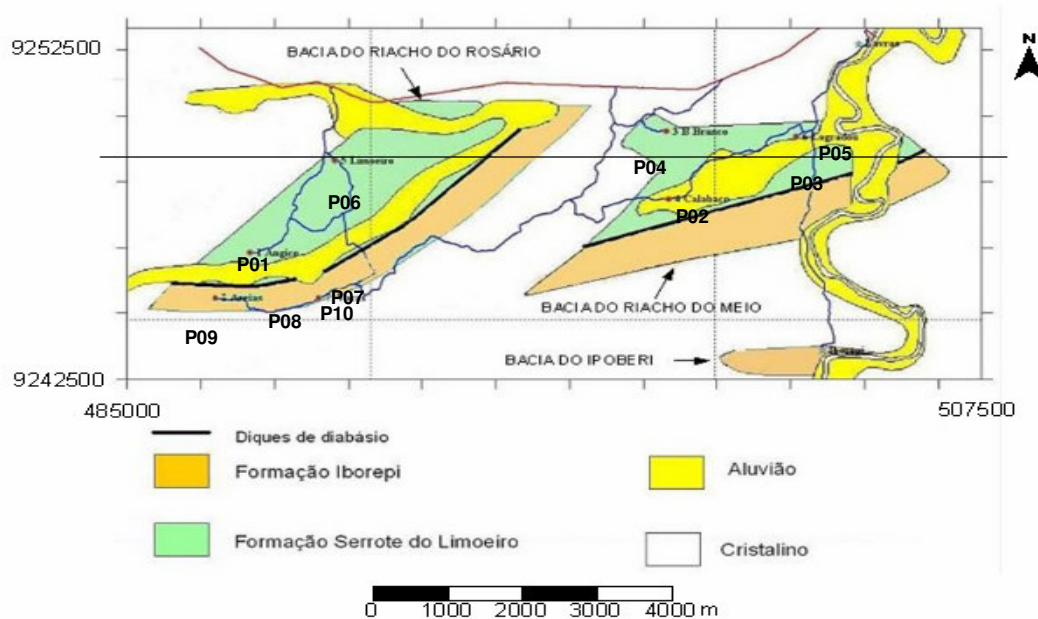


Figura 1. Locais de amostragem e a geologia da área.

Tabela 2. Condutividade elétrica e concentração de cloretos e de sódio em águas de poços amostrados em: a) dezembro de 2005, b) abril de 2006, c) julho de 2006, d) outubro de 2006 e e) fevereiro de 2007.

Riacho do Rosário				Riacho do Meio			
Poço	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Cl^- (mg/L)	Na^+ (mg/L)	Poço	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Cl^- (mg/L)	Na^+ (mg/L)
P01a	1917	291,3	115,4	P02b	1111	79,8	172,7
P01b	1909	290,3	108,4	P02c	1095	83,1	194,2
P01c	1111	157,5	82,2	P02d	1105	81,7	164,3
P01d	1293	179,8	97,1	P02e	1072	83,8	185,5
P01e	1423	195,8	78,1	P03b	909	57,7	108,4
P06b	297	32,7	26,0	P03c	914	57,0	115,4
P06c	476	54,1	28,9	P03d	880	58,7	120,1
P06d	558	90,4	35,0	P03e	889	61,2	103,8
P09b	145	23,1	14,4	P04a	888	92,3	114,2
P09c	133	22,2	15,1	P04b	606	45,2	76,1
P09d	134	23,1	19,0	P04c	743	69,6	110,7
P09e	238	21,7	20,4	P04d	853	87,5	99,7
P10a	150	11,5	11,9	P04e	874	92,3	125,0
P10b	152	16,3	14,4	P05b	412	20,3	70,1
P10c	210	15,5	17,7	P05e	346	15,1	56,9
P10d	154	19,2	19,0				
P10e	164	18,8	21,8				

Estes dados mostram a variação espacial e temporal da qualidade das águas que ocorre nas águas amostradas na sub-bacia Riacho do Rosário (P01, P06, P09 e P10) e na Sub-bacia Riacho do Meio (P02, P03, P04 e P05). Em relação a Formação Geológica onde a água está armazenada, as da Formação Iborepi (P06, P09 e P10) são as menos salinas com condutividade elétrica variando de 133 a 238 $\mu\text{S/cm}$ enquanto as águas armazenadas na Formação Serrote do Limoeiro têm condutividade elétrica acima desta faixa, com valores de 346 a 1917 $\mu\text{S/cm}$.

Como a Formação Serrote do Limoeiro é composta de sedimentos mais finos do que os da Formação Iborepi permite um fluxo mais lento da água facilitando a dissolução das rochas.

A Figura 2, com a condutividade elétrica em função da concentração de cloretos mostra dois diferentes grupos de amostras: o primeiro com a relação entre eles, dada por:

$$\text{CE} = 6,6 \text{Cl}^- + 70$$

A concentração de cloretos é expressa em mg/L. O segundo com relação expresso por:

$$\text{CE} = 8,0 \text{Cl}^- + 317$$

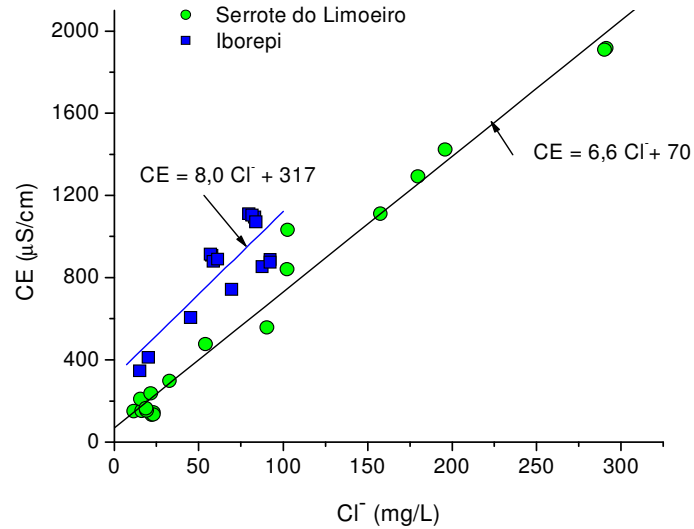


Figura 2. Condutividade elétrica versus concentração de cloretos.

No primeiro grupo estão os P02, P03, P04 e P05 cujas águas são retiradas da Formação Serrote do Limoeiro e no segundo grupo estão os poços P01, P09 e P10 que captam água armazenada na Formação Iborepi.

A concentração de cloretos em função da concentração de sódio está apresentada na Figura 3 que também mostra uma separação dos poços em dois grupos. Em um deles o sódio é bem correlacionado com o cloreto o que sugere origem marinha através de aerossóis marinhos.

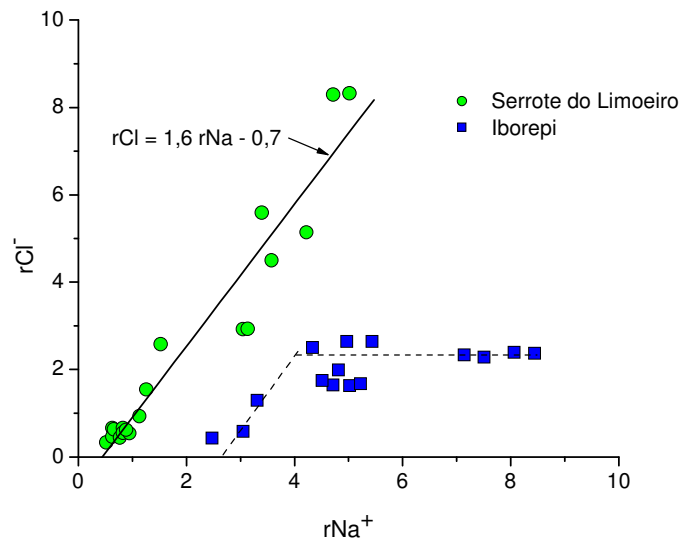


Figura 3. Cloretos versus sódio em amostras de Lavras da Mangabeira.

No segundo grupo, amostras com sódio podem não ter cloretos indicando outra fonte de sódio que não seja aerossóis marinhos. Amostras da Formação Iborepi tem concentração de cloretos tendendo a uma saturação em torno de 2,5 meq/L, ou seja, de 78 mg/L.

A principal origem do sódio é o intemperismo de Na-feldspato como a albita ou de algum plagioclásio dos membros da série entre a albita (Na-feldspato) e a anortita (Ca-feldspato). O intemperismo do aluminossilicato albita para caulinita é um processo incongruente que libera Na^+ para água numa reação (Appelo e Postman, 1999):



Este processo dá origem a minerais argilosos; neste grupo estão águas armazenadas na Formação Serrote do Limoeiro constituída por arenitos muito finos, siltitos e argilitos.

A Figura 4 também mostra que o Na^+ tem origem diferente nas águas armazenadas nas duas Formações aquíferas; sua concentração cresce com o aumento da condutividade elétrica, mas nas águas da Formação Iborepi a concentração cresce somente até a condutividade elétrica atingir cerca de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, certamente condição determinada pelo processo de intemperismo do aluminossilicato caulinita.

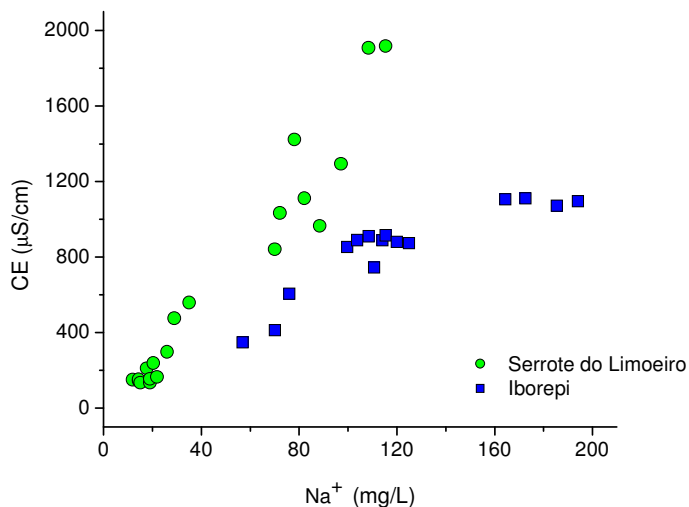


Figura 4. Condutividade elétrica em função da concentração de sódio.

CONCLUSÕES

Com amostras de água subterrânea de poços localizados na Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira armazenadas nas formações aquíferas Serrote do Limoeiro e Iborepi pode-se concluir que:

- Nas águas armazenadas na Formação Serrote do Limoeiro os aerossóis marinhos contribuem para sua salinidade e seus sedimentos mais finos facilitam a dissolução das rochas produzindo águas mais salinas do que as armazenadas na Formação Iborepi.

- Nas águas armazenadas na Formação Iborepi há forte contribuição de aluminossilicatos para o aumento da concentração de sódio.

Portanto, a influência do ambiente sedimentar sobre a qualidade das águas armazenadas é claramente identificada nas águas subterrâneas da Bacia Sedimentar de Lavras da Mangabeira.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP pelo apoio financeiro e à CPRM e UFC pelo apoio logístico.

BIBLIOGRAFIA

APPELO, C. A.J. & POSTMAN, D. Geochemistry, groundwater and pollution. 4^a Ed. A.A.Balkema, Rotterdam. 536 p. 1999.

APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 18 ed., AWWA– WPCP. 1992.

CPRM/UFC (Serviço Geológico do Brasil/Universidade Federal do Ceará). 2007. Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro. Hidrologia da bacia sedimentar de Lavras da Mangabeira. CD-ROM.

IPLANCE, 1997. Atlas do Ceará – Fundação Instituto de Planejamento do Ceará. – Governo do Estado do Ceará, Secretaria de Planejamento e Coordenação – SEPLAN. 1997. 65p.

PONTE, F.C.; DINO, R.; ARAI, M.& SILVA-TELLES, JR.A.C. da 1990. Geologia das bacias de Lavras da Mangabeira e do remanescente sedimentar do Rio dos Bastiões, no Estado do Ceará.

Petrópolis – RJ.1990. PETROBAS-CENPES-DIVEX-SEBIPE.

SANTIGO, M.M.F. & SILVA. Manual de Análise Hidroquímica e Bacteriológica do Departamento de Física da UFC. 2007

SRH, 1992. Plano Estadual de Recursos Hídricos – Diagnóstico (v. 1); Estudos de Base I (v. 2); Estudos de Base II (v. 3); Planejamento (v. 4). Fortaleza, CE.