

Hidroquímica de águas subterrâneas para locação de barragens subterrâneas na sub-bacia do rio das cobras/RN⁽¹⁾.

Marcílio de Lemos⁽²⁾; **Alexandre de Oliveira Lima**⁽³⁾; **Nildo da Silva Dias**⁽⁴⁾; **Miguel Ferreira Neto**⁽⁴⁾; **Priscila Regina de Aragão Rego**⁽⁵⁾; **Jucirema Ferreira da Silva**⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES; ⁽²⁾ Doutorando em Manejo do Solo e da Água, Universidade Federal Rural do Semiárido Mossoró/RN, Caixa Postal 137, CEP.: 59625-900, Mossoró/RN, marcirio@hotmail.com; ⁽³⁾ Doutor em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN); ⁽⁴⁾ Docente da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA); ⁽⁵⁾ Mestre em Manejo de Solo e Água Areia/PB (UFPB), INCRA/RN; ⁽⁶⁾ Mestranda em Manejo solo e da Água, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA).

RESUMO: A qualidade da água dos aquíferos aluviais no semiárido está ligada à sua litologia mineral, com o uso e manejo. Objetivou-se avaliar a qualidade da água do aquífero aluvial na sub-bacia do rio das Cobras/RN para construção de barragens subterrâneas. Foram monitorado 5 poços, sendo 4 no rio principal e 1 no afluente entre 2009 (final do período seco) e 2010 (final dos períodos chuvoso e seco), quando foram coletadas 15 amostras. Para avaliação da hidroquímica da água foi utilizada a análise multivariada: fator de agrupamento e análise dos componentes principais. Os resultados demonstraram que o Na⁺ e Cl⁻ são os íons que mais influenciam na salinidade e toxicidade, havendo tendência de agravar no médio e baixo curso da sub-bacia. Estabeleceu-se, por análise multivariada, um modelo que aglutinou as variáveis estudadas em 3 principais componentes: PC₁ = 39,3%; PC₂ = 19,24% e PC₃ = 11,56, explicando 70,10% da variação hidroquímica.

Termos de indexação: Qualidade de água, impacto ambiental, análise multivariada.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para a vida e qualquer alteração na sua qualidade, pode comprometer a qualidade do ambiente, especialmente dos recursos hídricos. A população rural do semiárido brasileiro utiliza o aquífero aluvionar como alternativa para suprir parte de sua demanda hídrica, mesmo predominando, no sertão nordestino, aluviões com pouca espessura, que inviabilizam o uso destes reservatórios durante os períodos críticos, correspondente aos períodos de seca. Entre as estratégias desenvolvidas para viabilizar o aproveitamento do recurso hídrico disponível nos aluviões, a barragem subterrânea se destaca pelo baixo custo de implantação e manutenção, além da simples construção e ainda ser uma tecnologia de fácil apropriação e replicação em diversos contextos.

O volume e o tempo de residência da água subterrânea nos aluviões dependem do regime das chuvas, da espessura, textura sedimentar e do gradiente hidráulico entre os rios e riachos e o lençol subterrâneo. Neste contexto, as barragens subterrâneas ganham importância como uma solução para parte do problema gerado pela escassez de água nas regiões semiáridas.

Um dos aspectos críticos, que merece atenção dos pesquisadores e gestores, está relacionado à qualidade da água disponível às populações. A variação da qualidade das águas subterrâneas depende de parâmetros físicos e químicos, sendo estes muito influenciadas pelas formações geológicas e atividades antrópicas.

Nessa direção, antes da implantação de qualquer obra hídrica é oportuna a avaliação das características físicas e químicas da água contida no reservatório aluvionar a fim de definir quais suas potencialidades.

Apesar da importância das águas subterrâneas no semiárido brasileiro, a avaliação da qualidade dessa fonte hídrica tem sido bastante restrita, principalmente quando se utilizam dados de hidroquímica. Diferentes técnicas estatísticas multivariadas, como análise de componentes principais e análise fatorial, são amplamente utilizadas para avaliar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Estas técnicas podem ser utilizadas para obter relações entre os parâmetros e os locais de amostragem, para identificar os fatores importantes e fontes que influenciam a qualidade das águas subterrâneas; sendo uma ferramenta útil para a gestão dos recursos hídricos e monitoramento da qualidade das águas subterrâneas.

Portanto, o objetivo deste trabalho é a caracterização hidroquímica das águas subterrâneas do aquífero aluvial do rio das Cobras/RN e a identificação dos fatores de maior influência na sua composição química visando à construção de barragens subterrâneas.

MATERIAL E MÉTODOS

A sub-bacia do rio das Cobras/RN é parte da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, ocupando uma área de 159,13 Km², e abrange parte dos municípios de Parelhas, Carnaúba dos Dantas e Jardim do Seridó no Estado do Rio Grande do Norte. O clima nesta região é classificado como do tipo Bsw'h' (BRASIL, 2002). Existem duas estações bem definidas, apresentando um período de expectativa de chuva que se estende de janeiro a maio, com a precipitação média anual dos últimos 46 anos de 612,4 mm. A temperatura média anual é de 26,1 °C, com mínima de 21,2 °C e máxima de 32,0 °C. Já a evapotranspiração potencial é de 1.552,4 mm ano⁻¹. O regime hídrico confere à região uma rede de drenagem composta por rios intermitentes, com aluvião de pouca espessura e fluxo de água superficial restrito aos períodos de chuvas.

Do ponto de vista geológico a sub-bacia corta rochas metamórficas do embasamento cristalino da Faixa Seridó, localizada no extremo nordeste da Província Borborema. Nesta faixa ocorrem rochas supracrustais metamorizadas e deformadas durante o Neoproterozóico que ocupa a porção superior do Grupo Seridó. As rochas dessa unidade litoestratigráfica afloram na maior porção da sub-bacia, abrangendo uma área de 127,81 Km² representando cerca de 80 % da área total. A litologia dominante é de micaxistos feldspáticos ou aluminosos de fácies de médio a alto grau metamórfico, representada notadamente por biotita xistos granadíferos, podendo conter estaurilita (Fe,Mg)₂Al₃O₆[SiO₄]₄(O,OH)₂, cianita, andalusita, cordierita Mg₂Al₄Si₅O₁₈ e sillimanita Al₂SiO₅. Ocorrem sítios restritos de fácies de baixo grau metamórfico, constituídas preferencialmente por sericita-clorita-biotita xistos, podendo conter sericita-clorita xistos, filitos e metassiltitos.

Para uma melhor avaliação das características hidroquímicas das águas subterrâneas da sub-bacia do rio das Cobras foram selecionadas poços amazonas distribuídos ao longo do rio principal (4 poços) e em um dos afluentes (1 poço) para coleta de amostras.

As amostras foram coletadas em dois períodos (final do período seco: dezembro de 2009 e chuvoso: agosto de 2009 e 2010) de cada período hidrológico durante, totalizando 3 momentos de coleta). Os locais de coleta foram espacialmente distribuídos entre o alto curso (2 locais), médio curso (1 local) e baixo curso (2 locais) de forma a abranger espacialmente toda sub-bacia. As amostras foram analisadas no Laboratório de Solos e Água da EMPARN, para os seguintes parâmetros:

CE, SDT, Dureza, Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺, Cl⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻, NH₄. A metodologia seguiu os procedimentos recomendados pela EMBRAPA (1999).

A partir da utilização do software Statistica Realese 7 da Microsoft (Versão 2004), foi feito o tratamento dos dados utilizando a estatística multivariada, através da aplicação da técnica: análise fatorial/análise dos componentes principais. Essa técnica também foi utilizada em pesquisas de avaliação hidroquímica (GABELONI et al., 2008).

Na aplicação da técnica AF/ACP, a primeira etapa é transformar a matriz de dados originais em uma matriz de correlação, sendo depois gerada matriz de componentes de forma que a primeira principal componente (PC1) responda pela maior quantidade da variância da amostra. Dessa forma, componentes sucessivos explicam porções cada vez menores da variância amostral dos dados, sendo que componentes com autovalores menores que 1 são descartados por não explicarem variância superior a uma variável simples. Aplicou-se o método de rotação Varimax com o objetivo de minimizar a contribuição das variáveis com menor significância no fator, passando a apresentar pesos próximos a 1, eliminando os valores intermediários que dificultam a interpretação dos fatores (ANDRADE et al., 2010).

De forma geral, AF/ACP serviu para identificar qual das variáveis ou grupo de variáveis é mais significativa e melhor explicam a variabilidade hidroquímica existente na sub-bacia do rio Cobras/RN, além de propor um modelo de aglutinação desses parâmetros sob a forma de principais componentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação hidroquímica, os valores máximos, mínimos e médios estudados estão apresentados na Tabela 1, corresponde à variação temporal da qualidade da água (estação seca de 2009 e estações da chuva e seca do ano de 2010). Observou-se que de forma geral, não existiram grandes variações para os valores máximos e médios, só existindo maiores variações para os valores mínimos, estando estas, associada aos efeitos da diluição provocada pelo início das chuvas na região.

Esses resultados podem ser explicados pela distribuição das precipitações observadas nos dois anos hidrológicos (2009 e 2010). Entre janeiro a maio de 2009 as chuvas acumuladas alcançaram 736 mm (87% do total do ano), representando um aumento de 27,8% em relação à média histórica para o mesmo período. Já no ano de 2010, para a mesma época de avaliação, choveu 407 mm as



chuvas ficaram um pouco abaixo da média histórico da região que é de 438,6 mm (Figura 1). Pereira et al., (2006) ao estudar poços aluviais na bacia Gameleira/CE, observaram pequenas variações sazonais da água, quando comparadas a águas superficiais.

Os valores de pH apresentaram-se com pouca variação, tendo o valor máximo encontrado 9,0; mínimo 6,7 e médio 7,61.

Quando se leva em consideração os teores da CE para expressar a concentração de sais solúveis na água (HOLANDA et al., 2010), como critério geral de avaliação, observa-se que parece existir um controle relacionado a posição espacial da amostra dentro da sub-bacia (alto, médio e baixo curso) (Figura 2).

Os ponto de amostragem localizados no alto curso (P1 e P2) possuem as menores CEa e demonstraram uma tendência de estabilização entre a 1^o e 3^o coletas, principalmente P2 que apresentou uma baixa amplitude de variação no período estudado (Figura 2). Já as amostras P3, P4 e P5 localizadas no médio e alto curso, possuem salinidade maiores e com amplitudes de variação também maiores, chegando em alguns casos, como no P4, a apresentar uma variação de mais de 100% entre os períodos secos de 2009 e 2010.

Desta feita, levando em consideração a avaliação hidroquímica geral (comportamento da CE) para locação de barragens subterrâneas na área da sub-bacia, deve-se observar que as locadas no alto curso tenderão a possuir menor possibilidade de apresentarem problemas de salinidade, quando comparadas ao médio e alto curso.

Porém, é de se esperar que caso não venha a ter cuidados com o manejo da água nesses reservatórios, mesmo no baixo, poderá existir acúmulo de sais principalmente anos com precipitações pluviométricas menores e mais irregularmente distribuídas ao longo do ano hidrológico.

CONCLUSÕES

Há um predomínio de águas cloretadas sódicas (50%) seguidas de águas bicarbonatada cálcica ou magnésiana (31,3%), quando da avaliação conjunta de cátions e ânions. Com relação aos cátions, predominou a água sódica (68%) das amostras e a água bicarbonatada (50%) e cloretada (43,8%) para os ânions.

As barragens subterrâneas locadas no alto curso tenderão ao menor risco com problemas de salinidade, mesmo assim, faz-se necessário a

adoção de praticas de manejo da água nesses reservatórios.

A análise dos principais componentes (APC) estabeleceu um modelo que aglutinou as variáveis estudadas em 3 principais componentes: $PC_1 = 39,3\%$; $PC_2 = 19,24\%$ e $PC_3 = 11,56\%$, explicando 70,10% da variação hidroquímica encontrada.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. M.; MEIRELES, A. C. M.; PALÁCIOS, H. A. Q. Técnicas de estatística multivariada aplicada a estudos de qualidade de água e solo. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.;

BRASIL. Caracterização dos recursos naturais de uma área piloto do núcleo de desertificação do Seridó, Estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA. Manual de Análises de solos, Plantas e Fertilizantes. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em solos, 370p. 1999.

GABELONI, N. A.; SOLARI, L.; CLAPS, M., NESCHUNK, N. Chemical classification of the water in a lowland river basin (Salado River, Buenos Aires, Argentina) affected by Hydraulic Modification. *Environment geology*, v.53, p. 1353-1363, 2008.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.; FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, A. C. Qualidade da água para irrigação. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade. p. 43-61,. 2010.

PEREIRA, L.; SANTIAGO, M. M. F.; FRISCHKORN, H.; ARAÚJO, J. C.; LIMA, O. G. A. Salinidade das águas superficiais e subterrâneas na bacia gameleira, município de Auaba, CE. *Águas Subterrâneas, Diadema*, v. 20, n. 2, p. 9-18, 2006.

Tabela 1 – Parâmetros de qualidade química ao longo da sub-bacia do rio das Cobras/RN nos anos hidrológicos de 2009 e 2010.

Parâmetros*	Coleta								
	1			2			3		
	(final seca 2009)			(final chuva 2010)			(final seca 2010)		
	Máx	Mín.	Méd.	Máx	Mín.	Méd.	Max.	Mín.	Méd.
pH	9,00	7,70	8,34	8,30	7,05	7,70	8,50	6,70	7,61
CE (dS m ⁻¹)	2,5	0,3	1,46	2,29	0,96	1,58	2,88	0,47	1,76
SDT (mg L ⁻¹)	1.682	218	908	1516	640	1.060	1.782	283	1.087
DT (mg L ⁻¹)	478,63	52,03	292,58	524,26	252,59	405,07	527,89	132,66	308,18
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	0,01	0,38	0,00	0,11
Nitrato (mg L ⁻¹)	2,66	0,00	0,76	2,96	0,00	1,55	0,47	0,20	0,33
Ca ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	115,85	12,60	67,73	82,69	39,11	56,47	85,91	33,96	57,92
Mg ⁺⁺ (mg L ⁻¹)	64,44	4,69	33,30	86,80	35,30	65,06	81,60	14,87	53,05
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	372,41	21,74	179,80	380,95	90,48	239,84	470,00	29,57	263,52
K ⁺ (mg L ⁻¹)	14,12	3,60	8,66	12,07	4,28	8,00	8,82	3,20	6,47
Fe (mg L ⁻¹)	6,07	0,09	2,11	0,92	0,22	0,48	2,27	0,23	0,96
CO ₃ ⁻² (mg L ⁻¹)	60,48	0,00	21,01	0,00	0,00	0,00	18,09	0,00	5,17
HCO ₃ ⁻¹ (mg L ⁻¹)	477,58	68,04	294,66	581,42	157,09	393,89	446,30	161,85	308,10
SO ₄ ⁻² (mg L ⁻¹)	90,34	6,86	34,05	97,35	34,37	54,66	100,16	1,29	50,47
Cl ⁻¹ (mg L ⁻¹)	781,30	29,07	342,63	743,52	56,90	407,53	849,74	34,14	460,91

*DT = Dureza total, SDT = Sólidos dissolvidos totais e CE = Condutividade elétrica.

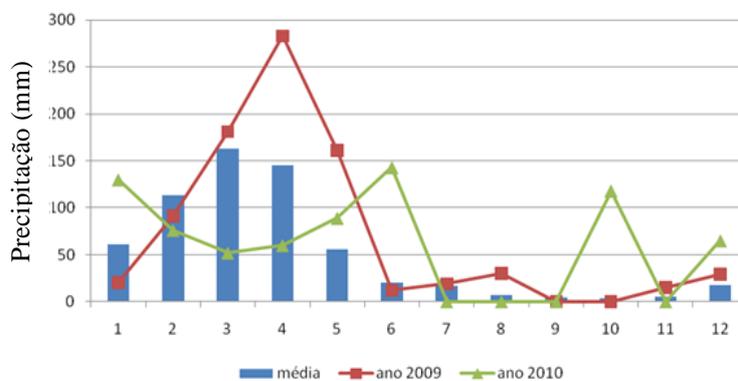


Figura 1 – Precipitação observada na área da sub-bacia do rio das Cobras, comunidade de Currais Novos - município de Jardim do Seridó/RN nos anos hidrológicos de 2009 e 2010.

CE (µS cm⁻¹)

Figura 2 – Variação espacial e sazonal da CE_a da sub-bacia do rio das Cobras/RN nos anos hidrológicos de 2009 e 2010.