

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA BACIA DO PIANCÓ PARA USO MUNICIPAL E DE IRRIGAÇÃO.

Lourdes Lucena Agostinho<sup>1</sup>; Bernardete Cavalcanti<sup>2</sup> & Luciano Nascimento<sup>1</sup>.

**Resumo** – Águas subterrâneas representadas por 15 amostras de um total de 52 poços em quatro municípios adjacentes ao reservatório Coremas – Mãe D'Água foram analisadas para uso municipal e de irrigação. Os parâmetros investigados foram pH, Alcalinidade, Dureza, grau de saturação com relação a CaCO<sub>3</sub>; salinidade, corrosividade e critérios para uso na irrigação. Procedimento idêntico foi aplicado no reservatório. Para uso municipal as águas subterrâneas mostraram restrições com relação a excessiva dureza de algumas amostras. A corrosividade não é tão relevante e a dureza está correlacionada com o teor de sais dissolvidos das amostras. Para irrigação não há restrições exceto para algumas amostras com salinidade tipo c3. As águas superficiais são indicadas para ambos os usos, mas requer para abastecimento humano a aplicação de remoção de dureza seguida de desinfecção por cloro para remoção de coliformes.

**Abstract** – Groundwaters represented by 15 samples taken of a set of 52 wells located in four municipalities adjacent to the Coremas - Mãe D'Água reservoir were analyzed for municipal and irrigation uses. The parameters investigated were pH, Alkalinity, Hardness, saturation state with respect to CaCO<sub>3</sub>, salinity, corrosiveness and criteria for irrigation use. Identical procedure was applied to the reservoir. For municipal use groundwaters showed some restrictions due to the excessive hardness found in some samples. Corrosiveness is not so relevant and hardness is correlated with dissolved salts of the samples. For irrigation there is no restriction except for some samples showing c3 salinity classification. Superficial waters are indicated for both uses but requires for water supply application of hardness removal followed by chlorine disinfection for coliform removal.

**Palavras-chave** – Qualidade de água; Uso municipal e de irrigação; Índices de saturação.

---

<sup>1</sup>Departamento de Materiais da UFPB, e-mails: [crisrina.materiaisufpb@gmail.com](mailto:crisrina.materiaisufpb@gmail.com) ; [luciano.materiais@gmail.com](mailto:luciano.materiais@gmail.com).; <sup>2</sup>Professora Consultora, UFCG, R Damasquino Maciel, 785, ap.502, João Pessoa, PB; e-mail: [bfcavalcanti07@hotmail.com](mailto:bfcavalcanti07@hotmail.com).

## INTRODUÇÃO

A bacia do rio Piancó compreende 26 municípios, possui uma área de 5 683 km<sup>2</sup> e população de cerca de 177 300 habitantes sendo o município mais populoso o de Itaporanga com 21 126 habitantes. O IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) da bacia atual é de 0,591 com destaque do município de Piancó que ocupa a 31<sup>a</sup> posição no Estado da Paraíba.

A oferta de água superficial da bacia é de 713,03 hm<sup>3</sup>/ano enquanto que o potencial subterrâneo atinge o valor de 62,07 hm<sup>3</sup>/ano sendo apenas 2,5% como potencial ativado. O sistema aquífero predominante na bacia é o cristalino, mas o sistema aluvial tem boa participação com um total de reservas subterrâneas exploráveis da ordem de 41,51 hm<sup>3</sup>/ano (em torno de 1,8 vezes maior que o da bacia do rio Paraíba). O número total de poços perfurados na bacia é de 708 e os municípios de Boa Ventura, Ibiara, Pombal, Santana de Mangueira entre outros tem como manancial abastecedor poços ou tubulares ou amazonas. No caso de Pombal o poço no sistema aluvial se localiza à margem do rio Piranhas.

O represamento das águas superficiais de Coremas – Mãe D'Água se constitui em um dos maiores complexos hídricos do Nordeste (Ver Figura 1). A capacidade do reservatório geminado é de 1,35 bilhões de metros cúbicos de água sendo 720 milhões de metros cúbicos do reservatório de Coremas. Esse reservatório tem múltiplos usos entre os quais estão o abastecimento humano, a piscicultura, a geração de energia elétrica e a regularização do rio Piancó com uma vazão mínima de 5 m<sup>3</sup>/s para o Rio Grande do Norte. Na cota 230 m desse reservatório foi construído um canal de reversão com 57 km de extensão. Esse canal transporta 4 m<sup>3</sup>/s até um reservatório de acumulação situado próximo ao perímetro irrigado das Várzeas de Sousa de onde a água é bombeada para fins de irrigação. Salienta – se também o uso de água bombeada para irrigar uma área de 1880 ha situada próxima ao reservatório geminado. Portanto, esses usos múltiplos de água da barragem geminada, em épocas de estiagem prolongada, podem comprometer alguns de seus usos. Convém também salientar que em Planos Diretores de Recursos Hídricos são apresentadas para a bacia do rio Piancó e adjacências restrições de médias a pequenas no uso de águas subterrâneas principalmente para uso municipal e para irrigação. A justificativa é que se trata de águas no sistema cristalino e as restrições foram feitas com base nos valores da RAS (Relação de Adsorção de Sódio) e Condutividade Elétrica (CE). Um estudo mais aprofundado sobre a qualidade de água de 52 poços em quatro municípios em torno do reservatório Coremas – Mãe – D'Água foi realizado para usos municipal (abastecimento humano) e para fins de irrigação.

A análise abrange uma área próxima ao perímetro de irrigação (com área de 1880 há) adjacente ao reservatório geminado onde estão localizados os municípios de Coremas, Igaracy, Piancó e, um pouco mais acima, Pombal. Essa área tem 354 poços perfurados dos quais 274 são poços tubulares e 08 poços amazonas incluindo o que abastece a cidade de Pombal.



Figura 1. Complexo hídrico Coremas - Mãe D'Água na bacia do rio Piancó, PB.

## 1. TEORIA APLICADA

### 1.1 – Considerações iniciais.

A classificação química da água para uso municipal e de irrigação é feita a partir dos parâmetros força iônica, comportamento de parâmetros da fase aquosa (Alcalinidade, Acidez e pH) e da fase aquosa – sólida (cálcio, dureza, potencial de precipitação/dissolução de  $\text{CaCO}_3$ ), salinidade, corrosividade, tendências de sodificação da água, precipitação de carbonato no solo entre outros. Essa classificação envolve o conhecimento das espécies iônicas da água sendo a força iônica o parâmetro que melhor indica a magnitude da presença de sais dissolvidos nas águas naturais. A força iônica,  $I$  é calculada pela equação de Lewis e Randall (In: Robinson e Stokes, 1965):

$$I = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2 \quad (1)$$

onde,  $c$  = concentração molar,  $\text{mol.l}^{-1}$ ;  $z$  = carga ou valência; "i" = espécie iônica qualquer

No caso de águas de alta força iônica (águas salobras ou salinas) com predominância de cloretos uni-univalentes como NaCl e KCl a força iônica é obtida da equação de Loewenthal, R. e Cavalcanti, B.F. (1981):

$$I = cs \times 10^{-5} = (c_{\text{Na}} + c_{\text{Cl}})/2 \times 10^{-5} \quad (2)$$

onde,  $cs$  = concentração salina ou teor do íon cloreto,  $\text{mg/l}$ .

Para águas com predominância de sais alcalino-terrosos como os de magnésio,  $\text{MgCl}_2$  (bastante comum em águas naturais do semi-árido nordestino), Cavalcanti, B & Loewenthal, R (1981) obtiveram a seguinte expressão:

$$I = 3cs \times 10^{-5} = (c_{\text{Mg}} + 2c_{\text{Cl}}) \times 10^{-5} \quad (3)$$

## 1.2 – Parâmetros da fase aquosa – sólida.

O pH de águas naturais está compreendido na faixa de 6,5 a 9,5 enquanto que a Alcalinidade deve estar na faixa de 50  $\text{mg/lCaCO}_3$  a 150  $\text{mg/lCaCO}_3$ . Na fase aquosa é possível relacionar os parâmetros pH e aqueles expressos em termos das espécies carbônicas da água tais como Alcalinidade Total, Alc e Acidez, Ac. Tal relação permite que, a partir do conhecimento de dois desses parâmetros, o terceiro possa ser determinado com grande precisão. A Alcalinidade de águas naturais é definida pela presença de íons de bicarbonato e de carbonato do sistema carbonatado além dos íons hidrogênio e oxidrila que, na maioria das águas naturais, tem teores desprezíveis. A Alcalinidade é obtida da seguinte equação:

$$\text{Alc} = \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} \quad (4)$$

onde,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  indicam as espécies bicarbonato e carbonato na escala de carbonato de cálcio,  $\text{mg/lCaCO}_3$ .

Considerando a interrelação entre parâmetros de massa (Alcalinidade x Acidez e suas formas) e o pH e, na falta da determinação da Acidez, utiliza-se a equação de Loewenthal, R e Marais, G (1976); a saber, (na escala equivalente,  $\text{meq/l}$ ):

$$\text{Alc} = \left\{ \frac{1+2 \times 10^{(\text{pH} - \text{pk}'2)}}{1+2 \times 10^{(\text{pk}'1 - \text{pH})}} \right\} * \left\{ \text{Ac} + 10^{(\text{pH} - \text{pk}'w)} - 10^{-\text{pH}} \right\} \quad (5)$$

onde,  $k'1$  = primeira constante de dissociação de águas naturais. Para águas doces e salinas Cavalcanti, B. et al (1992, 1994) determinaram essa constante à 25°C, com função especial tipo Gran e coeficiente de correlação acima de 99%, com os valores de  $4.46 \times 10^{-7}$  para águas doces e  $1.5 \times 10^{-6}$  para águas salinas. Usando o símbolo “p” para indicar o negativo de logaritmo decimal, então  $\text{pk}'1(\text{ad}) = 6,35$  para águas doces e  $\text{pk}'1(\text{as}) = 5,82$  para águas salinas;  $\text{pk}'w = 10^{-14}$  à temperatura de 25 °C. Para os valores da segunda constante de dissociação  $k'2$ , Cavalcanti, B. e Sousa, F., 1995 obtiveram à 25°C os valores  $\text{pk}'2$  igual a 10,39 para águas doces e 9,36 para águas salinas.

A fase aquosa – sólida é caracterizada quimicamente a partir da determinação dos parâmetros pH, Alcalinidade, cálcio, Dureza Total além do magnésio, esses quatro últimos na escala mg/LCaCO<sub>3</sub>.

A Dureza Total (DT) é dada pela Dureza de Carbonato (DC) ou temporária, associada à Dureza permanente ou de Não Carbonato (DNC). Quando a Alcalinidade é inferior a Dureza Total esta equivale a Dureza de Carbonato. Em caso contrário e para valores de pH na faixa de 8,0 a 9,5 é aplicada a seguinte equivalência:

$$\text{DC} = \text{AlcCO}_3^{2-} + \text{AlcHCO}_3^- \approx \text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-} \quad (6)$$

A dureza permanente se deve à presença de sulfato e cloreto de cálcio e de magnésio e, em menor escala, pelo carbonato de cálcio parcialmente solúvel na água. Uma das grandes desvantagens de águas muito duras se reporta à suas características incrustantes; ou seja, a deposição de carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub> à temperaturas superiores a 70°C.

Uma avaliação qualitativa do estado de saturação de águas naturais pode ser feita pela teoria desenvolvida por Langelier (1936), posteriormente aperfeiçoada por Kemp (1972). Para tal finalidade, é aplicado o Índice de Saturação de Langelier que relaciona o pH operacional (pH medido ou observado) com o valor de pH à saturação, pHs como se segue:

$$\text{ISL} = \text{pHop} - \text{pHs} \quad (7)$$

O pH à saturação é obtido da seguinte equação:

$$\text{pHs} = \text{pk}'2 - \text{pk}'ps + \text{p}[\text{Ca}^{2+}] + \text{p}[\text{Alc}] - \log f\text{Hs} \quad (8)$$

Na equação acima “p” indica negativo do logaritmo decimal;  $k'2$  = segunda constante de dissociação de águas naturais considerando efeitos de atividade.;  $k'ps$  = constante do produto de solubilidade de CaCO<sub>3</sub> obtida da seguinte equação:

$$\text{pk}'ps = 0,01183T + 8,03 \quad (9)$$

onde, T = temperatura, °C; fHs = coeficiente de atividade do íon hidrogênio que pode ser obtido pela equação de Davies para íons monovalentes.

Para ISL = 0, a água está saturada com carbonato de cálcio; ou seja, não precipita e nem dissolve CaCO<sub>3</sub>. Quando ISL >0, a água precipita CaCO<sub>3</sub> e, portanto, apresenta características incrustantes e, finalmente, quando ISL <0, ocorrerá dissolução de CaCO<sub>3</sub> sendo essas águas consideradas “agressivas”; ou seja, podem atacar a matriz iônica de tubulações de concreto, tubulações de cimento, etc. Uma determinação mais precisa do potencial de precipitação/dissolução de CaCO<sub>3</sub> é obtida pelo Índice de Loewenthal. Essa determinação pode ser feita mediante a utilização de diagrama de condicionamento tipo Modificado de Caldwell-Lawrence, MCL ou através do uso do software STASOFT Versão 3,0 (Friend, J. & Loewenthal, R.E., 1992). O primeiro, utiliza gráficos dos parâmetros Alcalinidade, Acidez, Cálcio (todos na escala de carbonato de cálcio) e pH. Contudo, só pode ser aplicado para teores de Sólidos Totais Dissolvidos até 600 mg/l o que significa uma força iônica de 0,015. Já o software foi desenvolvido para teores de Sólidos Totais Dissolvidos até 15000 mg/l.

### **1.3. Salinidade para uso municipal e corrosividade.**

A salinidade é geralmente definida como sendo a concentração relativa de sais da água expressa como cloreto associado a um dos cátions da água e expresso na escala mg/l de cloreto. Os cloretos são encontrados na grande maioria das águas naturais podendo ser de origem mineral, oriundos da intrusão de água do mar em lençóis subterrâneos, sais de agricultura, poluição por esgotos sanitários ou de excretas e, até mesmo, de vários processos industriais inclusive o abrandamento da água, entre outros.

Para uso potável, o cloreto deve apresentar teores abaixo de 600 mg/L. São várias as classificações aplicadas em águas naturais para análise da salinidade entre as quais estão a da OMS – Organização Mundial de Saúde, a de zoneamento proposta por Cavalcanti, B. e Lins, M.G. (1998) e a de Riverside (1955) quando se determina a condutividade elétrica. Essa última é bastante usada na interpretação da salinidade para uso na irrigação. A avaliação mais empregada de corrosividade é a obtenção da Relação ou Índice Modificado de Larson, RLM que foi definido na escala equivalente como se segue: (In: Loewenthal, R. et al., 1986)

$$RLM = \{Cl^- + SO_4^{2-}\} / \{Alc\} \quad (10)$$

Para que ocorra a formação do filme protetor contra a corrosão, o Índice RLM deve ser inferior a 0,2 meq/l. Segundo a Water Research (1980), as águas são consideradas potencialmente corrosivas quando ou o teor de sulfato ou o de cloreto exceder 50 mg/l.

#### 1.4. Parâmetros e índices de interpretação para uso na irrigação

Quando se trata de águas naturais para uso na agricultura (irrigação) não se pode adotar padrões rígidos uma vez que há influência de diversos fatores tais como: química e porosidade do solo, condições climatológicas, entre outros. Para uma interpretação adequada da qualidade química das águas naturais, os parâmetros e características mais importantes são como se segue: (a) Salinidade ou concentração total de sais dissolvidos; (b) Sodificação/ grau de sodicidade e teor de sódio em relação aos demais cátions; (c) Composição aniônica da água em termos das espécies carbônicas bicarbonato e carbonato; (d) Teores de boro ou de outro (s) elemento (s) tóxico (s) ao crescimento de plantas

O Sódio é um álcali metálico que, em excesso, afeta a infiltração, as taxas de permeabilidade e estrutura do solo e confere salinidade às águas naturais. Para fins de irrigação os principais índices empregados para a análise do sódio são a Razão de Adsorção de Sódio, RAS, Porcentagem de Sódio Trocável, PST e Porcentagem de Sódio Intercambiável, PSI.

##### (1) Razão de adsorção de sódio.

A taxa RAS é determinada na escala equivalente (meq/L) a partir das espécies catiônicas sódio, cálcio e magnésio que mais se complexam com o cloreto; ou seja:

$$RAS = \{Na^+\} / \{Ca^{2+} + Mg^{2+}\}^{0,5/2} \quad (11)$$

onde, { } indica concentração equivalente, meq/L

A interpretação adotada é a preconizada pelo US. LAB. STAFF, 1955 que classifica a sodicidade (teor de sódio trocável água/solo) das águas em função do RAS.

##### (2) Porcentagem de sódio trocável:

A porcentagem de sódio trocável ou RAS ajustado é determinada a partir da definição do Índice de Bower, ISB (apresentada a seguir) a partir da seguinte equação:

$$PST = RAS_{aj} = RAS (1.0 + ISB) \quad (12)$$

onde, ISB = Índice de saturação de Bower.

No caso de se avaliar os danos de sódio em termos das porções de zona da raiz, a taxa RAS<sub>sup</sub> é aplicada como RAS ajustada e a RAS da água de irrigação é corrigida pelo termo {1,0 + IS } conforme a equação acima..

##### (3) Residual Carbonatado Sódico, RCS

O valor final da RAS (Razão de Adsorção de Sódio) é bastante influenciado por mudança nos teores de cálcio e de magnésio devido à precipitação ou dissolução de, por

exemplo, carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$  ou da precipitação de sulfatos. O Residual Carbonatado Sódico, RCS é o parâmetro que permite a análise dessa influência na RAS sendo expresso na escala equivalente como se segue:

$$\text{RCS} = \{\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-\} - \{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}\} \quad (13)$$

#### (4) Salinidade

A salinidade para uso na agricultura é interpretada pelo critério de Riverside (Lab. Staff., 1955) a partir do uso de um diagrama que mostra a relação “danos do sódio” (eixo das ordenadas) versus “Danos de salinidade (eixo das abscissas). Essa determinação envolve a obtenção da Condutividade Elétrica, CE (MS/m).

#### (5) Índice de saturação para irrigação.

O Índice de Langelier foi modificado por Bower et al. (1965, 1968) para estimar o potencial ou qualidade de precipitação de carbonato de águas de irrigação como uma função do grau de saturação com  $\text{CaCO}_3$  da solução do solo. O Índice, IBw é dado por:

$$\text{IBw} = 8,4 - \text{pHc} \quad (14)$$

O valor de 8,4 significa o pH de um solo não sódico - salino em equilíbrio com  $\text{CaCO}_3$ .

O valor de pHc é obtido da seguinte equação similar ao pH de saturação :

$$\text{pHc} = \text{pk}'_2 - \text{pk}'_s + \text{p}[\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}] + \text{p}[\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-] \quad (15)$$

## 2. TRATAMENTO DOS DADOS

Em toda a bacia do rio Piancó foram cadastrados 450 poços sendo a maioria no sistema cristalino. Nos quatro municípios localizados na área de influência do reservatório geminado Coremas – Mãe D'Água foram selecionadas quinze amostras representativas de 52 poços com análises físico – químicas.

Essas águas foram classificadas em termos de parâmetros da fase aquosa (pH, Alcalinidade e Acidez) e sólida (Dureza Total e seus tipos e índices de saturação e de precipitação/dissolução de carbonato de cálcio). A classificação de dureza empregada foi a de Künin (1972).

A análise da salinidade e da corrosividade da água foi feita com base em critérios tais como o de Riverside (1955), critérios da Organização Mundial de Saúde e do CONAMA e a Relação de Larson Modificada para análise da corrosividade das águas.

Com vistas à classificação para uso na irrigação foram obtidos além da RAS (Razão de Adsorção de Sódio), também o RCS (Residual Carbonatado Sódico) e o PST (Porcentagem de Sódio Trocável). Os Índices mais importantes calculados foram o de Saturação de Langelier (avaliação somente qualitativa do estado de saturação da água), o Índice de Loewenthal (com obtenção precisa da quantidade de calcita que precipita ou que dissolve) além do Índice de Bower para uso no solo; ou seja, a diferença entre o pH de saturação do solo e o pH da amostra.

A Tabela 1 mostra os dados iniciais das 15 amostras representativas da área de estudo e que foram selecionadas em função do poço por município.

A Tabela 2 mostra os resultados dos parâmetros da fase aquosa – sólida, dos Índices de saturação da água para uso municipal e de irrigação bem como parâmetros de salinidade e de corrosividade das águas.

A Tabela 3 mostra além dos dados iniciais também esses mesmos parâmetros para as águas superficiais do reservatório geminado.

A Figura 2 mostra a distribuição dos parâmetros Alcalinidade, Acidez e Dureza para as águas subterrâneas dos quatro municípios adjacentes ao reservatório geminado em função da raiz quadrada da força iônica. Esses parâmetros estão relacionados ao uso municipal (águas para fins potáveis).

A Figura 3 mostra a distribuição dos índices de saturação e de precipitação/dissolução de carbonato de cálcio além da RLM para análise da corrosividade em função da raiz quadrada da força iônica. Finalmente, a Figura 4 mostra os parâmetros de interesse ao uso na irrigação em função do teor de Sólidos Totais Dissolvidos.

Tabela 1. Dados iniciais das quinze amostras representativas da área de estudo na bacia do rio Piancó, PB.

Mun\Par	STD (mg/l)	pH	Escala mg/l.							CE ( $\mu$ S/cm)
			Na	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub> +CO <sub>3</sub>	Cl	
Co.1	576	7,8	82,8	6,2	48,5	35,0	15,8	422,0	106	900
Co.2	380	8,0	115,0	4,0	19,8	27,0	0,0	288,2	12	593
Ig.1	256	7,4	77,7	4,1	22,0	4,9	4,8	301,0	24	400
Ig.2	576	8,0	126,5	15,6	20,0	24,3	23,0	410,6	39	900
Ig.3	832	7,4	117,1	8,2	75,0	54,2	9,6	671,0	142	1300
Ig.4	320	7,1	60,0	5,1	40,2	21,9	28,8	327,0	27	500
Ig.5	384	8,1	82,8	9,4	31,2	20,1	13,9	333,2	43	600
Pi.1	427	7,9	100,1	5,9	30,0	26,7	7,2	332,0	75	667
Pi.2	427	8,4	65,6	10,5	43,4	23,8	40,0	295,2	34	667
Po.1	448	7,4	78,7	26,9	29,4	18,5	10,1	371,0	39	700
Po.2	224	7,9	32,2	2,7	22,8	22,4	15,8	158,8	43	350
Po.3	471	7,6	241,5	21,8	19,4	11,9	74,4	154,0	315	736
Po.4	547	7,5	133,4	14,0	146,8	51,8	10,1	224,0	472	855
Po.5	224	7,4	38,6	35,1	33,6	8,3	0,0	234,0	18	350
Po.6	576	7,9	87,4	8,2	76,2	26,9	9,6	432,0	99	900

Co.= Coremas; Ig. = Igaracy; PI.= Piancó e Po. = Pombal.

Tabela 2. Resultados de parâmetros da fase aquosa – sólida, de índices e interpretação da salinidade e corrosividade das águas subterrâneas da área de estudo.

Poço		Alc.	Ac.	DC					River-			
tipo	I	(X)	(X)	(X)	pHs	ISL	ILw	RLM	side	RCS	IBw	PST
Co.1	0,014	356	375	266	5,2	2,6	8,3	0,5	c3s1	1,8	2,6	8,1
Co.2	0,010	273	280	161	5,7	2,3	-0,7	0,1	c2s1	1,2	2,3	13,1
Ig.1	0,006	247	287	75	5,7	1,7	-19,2	0,2	c2s1	3,4	1,9	11,5
Ig.2	0,011	340	349	150	5,6	2,4	0,4	0,2	c3s1	3,8	2,4	15,2
Ig.3	0,021	550	633	411	4,8	2,6	12,8	0,4	c3s1	2,8	3,0	10,1
Ig.4	0,008/	268	355	191	5,4	1,7	-36,2	0,3	c2s1	1,6	2,4	6,4
Ig.5	0,010	277	281	161	5,58	2,6	5,6	0,3	c2s1	2,3	2,3	9,4
Pi.1	0,011	272	283	185	5,5	2,4	0,7	0,4	c2s1	1,7	2,4	10,8
Pi.2	0,011	259	255	207	5,4	3,0	13,6	0,3	c2s1	1,0	2,4	6,7
Po.1	0,011	304	352	150	5,5	1,9	-17,4	0,2	c2s1	3,1	2,3	9,3
Po.2	0,006	134	140	134	5,9	2,0	-4,2	0,6	c2s1	-0,3	2,0	3,4
Po.3	0,015	126	138	98	6,1	1,5	-11,9	4,1	c2s2	0,6	1,8	29,3
Po.4	0,023	184	205	580	5,0	2,5	5,5	3,7	c3s1	-7,9	2,7	8,9
Po.5	0,006	192	223	192	5,6	1,8	-15,7	0,1	c2s1	1,5	2,0	4,7
Po.6	0,013	364	378	301	5,0	2,9	22,6	0,4	c3s1	1,3	2,7	8,1

(X) = escala mg/l CaCO<sub>3</sub>; Riverside = Critério do U.S. Lab. Staff (1955).

Tabela 3. Valores iniciais e resultados médios da qualidade das águas superficiais do reservatório geminado Coremas – Mãe D'Água na bacia do rio Piancó, PB.

STD (mg/l)	I	pH	Escala em mg/l.						CE (mS/cm)
			Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
126	0,003	7,7	0,54	0,14	35,0	21,0	17,0	74,0	18,8
Escala em mg/l CaCO <sub>3</sub> .				RLM	ISL	Ilw (mg/lCaCO <sub>3</sub> )	Critério Riverside	RCS	PST
Alc.	AC.	DT.	DC						
74	80	56	56	0,3	1,3	-10,4	c1s1	0,4	1,65

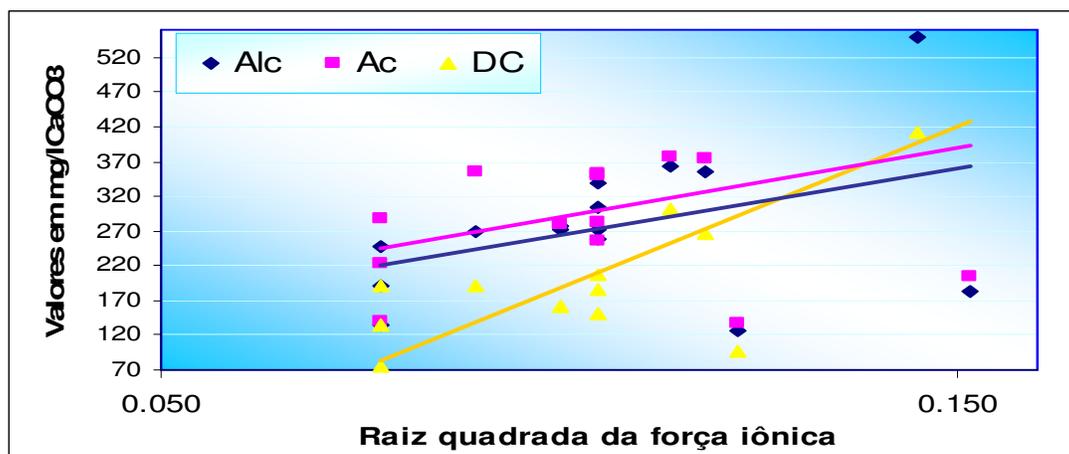


Figura 2. Alcalinidade, Acidez e Dureza de Carbonato para uso municipal na área estudada.

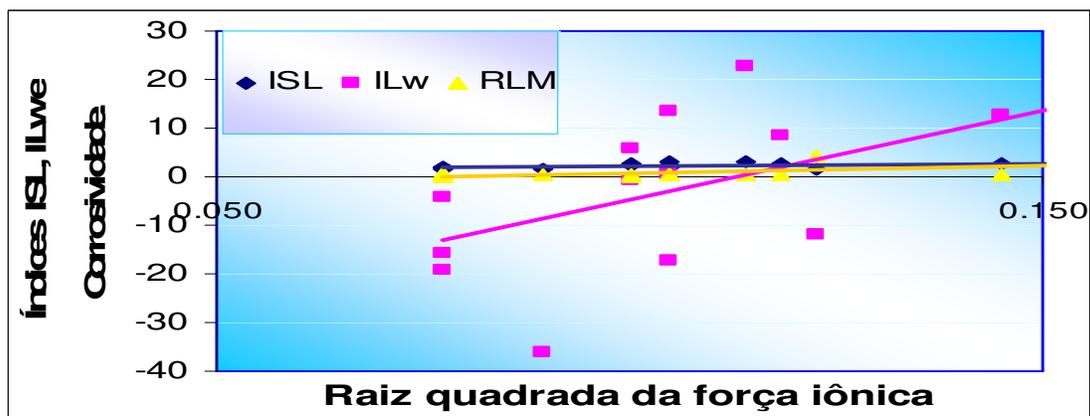


Figura 3. Distribuição espacial dos índices de precipitação e dissolução de carbonato de cálcio e corrosividade em função da raiz quadrada da força iônica.

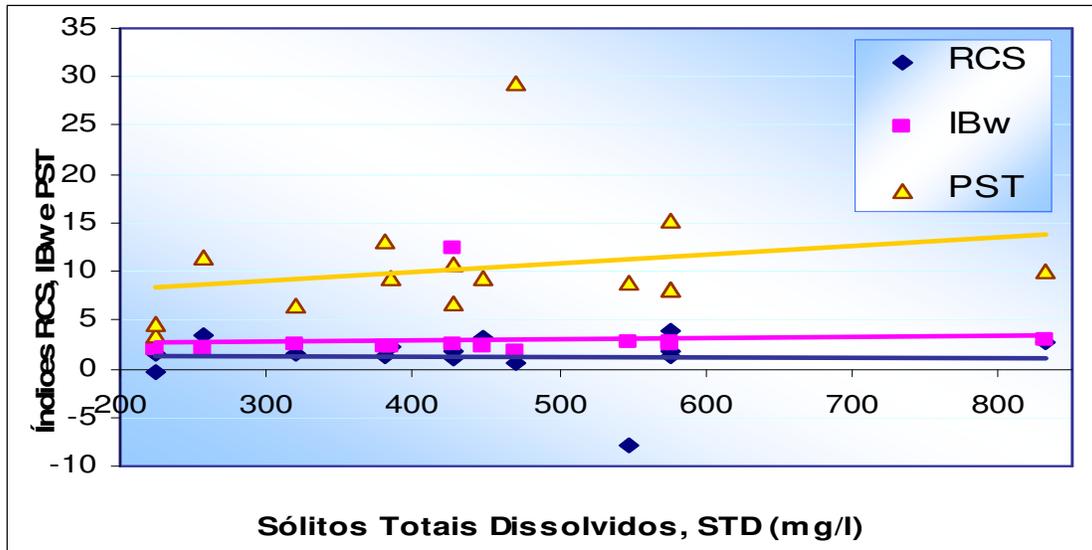


Figura 4. Distribuição espacial dos índices relacionados ao uso da água subterrânea na irrigação.

### 3. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

#### 3.1. Qualidade para uso municipal.

A predominância de águas duras na área estudada (mais da metade dos poços) implica na necessidade de tratamento químico para remoção de dureza. As águas não são salinas, mas algumas são salobras. Não se aconselha o uso de osmose reversa nesse tipo de água devido à colmatação rápida das membranas filtrantes pelos sais de minerais carbonatados.

Foi observada a presença de dolomita que influencia a precipitação de carbonato de cálcio nas águas superficiais do reservatório Coremas – Mãe D' Água. Em 46,7% das amostras há dissolução de  $\text{CaCO}_3$  o que torna essas águas bastante agressivas e ácidas podendo atacar tubulações, rotores de bombas e outros dispositivos. Essa corrosividade é comprovada pelo índice denominado Relação Modificada de Larson, RLM que em mais de 67% dos poços se mostrou acima de 2,4 meq/l. A Dureza Total mostrou uma forte correlação com o teor de Sólidos Totais Dissolvidos, STD (mg/l).

### 3.2. Uso na irrigação.

A água para uso na irrigação depende do tipo e quantidade de sais dissolvidos que estão presentes mesmo em quantidades pequenas. A origem desses sais é atribuída à dissolução e desgaste das rochas e do solo. Os sais no solo e na água se disponibilizam para a plantação numa extensão tal que a produção pode ser afetada. Os solos com conteúdo relativamente alto de sódio ou com teor baixo de cálcio reduz a taxa de infiltração de tal modo que a água superficial (precipitação pluviométrica ou outra) não pode se infiltrar para abastecer adequadamente a plantação de uma irrigação para outra. Os íons específicos que são tóxicos são sódio, cloreto e boro sendo o sódio e o cloreto os íons absorvidos pelas folhas. A toxicidade a um ou a outro pode ser um problema para culturas como, por exemplo, a cítrica.

Para a análise da taxa de infiltração da água no solo foram considerados tanto a condutividade elétrica como a taxa RAS (Razão de Adsorção de Sódio) juntas. Em 60% das amostras foi encontrado o tipo c2s1, em 33% o tipo c3s1 e o restante (7%) foi do tipo c2s2. Portanto, a maioria das amostras não apresenta restrições quanto à salinidade e sodicidade.

Com relação à porcentagem de sódio trocável, o valor médio obtido foi de 10,3, um valor aceitável. Quanto ao pHc à medida que seu valor aumenta cai a precipitação de *calcita*. Para valores de pHc > 8,4 observa-se uma relação linear entre o carbonato de cálcio precipitado e o valor do índice de saturação. O valor médio obtido foi de 6,1 indicando que há uma certa quantidade de precipitação de *calcita*. Nenhuma das amostras se mostrou saturação com relação ao carbonato de cálcio, mas 47% apresentaram tendência de dissolver CaCO<sub>3</sub> com um valor médio de 14,4 mg/lCaCO<sub>3</sub>. A precipitação média de 8,7 mg/lCaCO<sub>3</sub> foi observada em 53% das amostras.

### 3.3. Conclusões.

Existe a perspectiva de ser implantado o projeto de transposição das águas do rio São Francisco considerando uma proposta de ampliação no Eixo Norte com uma terceira derivação para incluir a bacia do rio Piancó. Com vistas a análise da viabilidade dessa alternativa o estudo das águas subterrâneas de apenas quatro municípios adjacentes ao complexo hídrico geminado Coremas – Mãe D'Água mostrou o seguinte:

- As águas subterrâneas da área de estudo são predominantemente ricas em

minerais carbonatados que lhes confere dureza. Há restrições para seu uso para fins potáveis caso não seja realizado um tratamento de abrandamento (por exemplo, ou por cal – soda ou por eletrólise seguida de percolação em leito filtrante).

- O uso na irrigação não apresenta restrições nem severas nem moderadas. As águas subterrâneas podem ser aproveitadas e, assim, proporcionaria uma diminuição na vazão retirada do complexo geminado para uso na agricultura.
- Há necessidade de estudos hidrogeológicos e de qualidade de água para uso principalmente na irrigação no restante dos municípios que compõem essa importante bacia hidrográfica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTI, B.F., 1994. Padrão QUALI para Interpretação da Qualidade de Águas Naturais para Usos Municipal e de Irrigação. Revista Roteiro. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB.,v.1,p.48 – 61.

CAVALCANTI, B.F., Sousa, F., 1995. Constantes Químicas de Dissociação de Águas Naturais. *Relatório Final CNPq*, Universidade Estadual da Paraíba. 1995.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE / MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. 1986. "Classificação de Águas Doces, Salobras e Salinas no Território Nacional". *Resolução N. 20*.

FRIEND, J. & LOEWENTHAL, R. "STASOFT III: Chemical Conditioning of Low and Medium Salinity Waters, 1992. *Pretoria Water Research Commission*. África do Sul. 80 p.

KUNIN, R., 1972. Water softening by ion exchange. *Proceedings 14<sup>th</sup> Water Quality Conference* University of Illinois, EUA.

LOEWENTHAL, R. & Marais, G.v.R., 1976. *Carbonate Chemistry of Aquatic Systems: Theory*

*and Application* Ann Arbor Sc. Publishers. Michigan. EUA.

GUIMARÃES, P., 1983. "Determinação da Primeira Constante Aparente de Dissociação de Águas de Alta Força Iônica à 25°C". *Tese de Mestrado*. Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, PB.

SILVA, Fernando F., Cavalcanti, B.F., et al., 2000. Padrão NMRH para Diagnóstico da Qualidade de Águas Naturais para Usos Municipal, Irrigação e Corrosividade em Tubulações. *Revista Atmosfera & Água*, Maceió, AL. Ano 31, n.5, p.17 – 21.

STUMM, W. & Morgan, J., 1980. "*Aquatic Chemistry*". Wiley - Interscience. NY. 780p.