

# ISÓTOPOS ESTÁVEIS E A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA PLANÍCIE DO RECIFE

Waldir Duarte Costa Filho<sup>1</sup>, Maria Marlúcia Freitas Santiago<sup>2</sup>,  
Waldir Duarte Costa<sup>3</sup> e Josué Mendes Filho<sup>2</sup>

**Resumo** - No início de 1997 foi realizado um estudo isotópico na Planície do Recife para averiguação da existência de penetração da cunha salina nas áreas salinizadas detectadas por COSTA FILHO (1997). Foram determinadas concentrações dos isótopos estáveis oxigênio-18, em quarenta e cinco amostras, e deutério, em quinze destas amostras, coletadas nos sistemas aquíferos Cabo, Boa Viagem e Beberibe Inferior. Com os dados isotópicos foi gerado um gráfico  $\delta^{18}\text{O}$  x  $\delta^2\text{H}$  produzindo a reta  $\delta^2\text{H} = 4,6 \delta^{18}\text{O} + 9,9$ . A comparação entre esta reta e a reta meteórica indica águas evaporadas e mostra que as águas têm concentrações muito afastadas do valor da água do mar,  $\delta^2\text{H} = 0$  e  $\delta^{18}\text{O} = 0$ . Portanto, com estas amostras analisadas não foi detectada intrusão marinha.

**Palavras-chave** - Água Subterrânea, Isótopos Estáveis, Qualidade de Água.

## INTRODUÇÃO

O município de Recife, com uma população de aproximadamente 1.700.000 habitantes e uma demanda de água de  $26 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/mês, tem apenas 90% da sua demanda de água atendida, sendo  $21 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/mês são oferecidos pela Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA e  $2,5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/mês por poços particulares. O

<sup>1</sup> CPRM - SUREG Recife, Av. Beira Rio, 45 - Madalena - CEP.: 50.610-100 - Recife - PE – Brasil - Telefone: (081) 227-0277 - Fax: (081) 228-2142 - E-mail: [waldirfilho@costa.com.br](mailto:waldirfilho@costa.com.br)

<sup>2</sup> Depto Física – UFC, Campus do Pici - Caixa Postal 6030 - CEP.: 60.451-970 - Fortaleza - CE – Brasil - Telefone: (085) 287-5133 - Fax: (085) 287-4138 - E-mail: [marlucia@fisica.ufc.br](mailto:marlucia@fisica.ufc.br)

<sup>3</sup> COSTA Consultoria, Av. Santos Dumont, 320 - Aflitos - CEP.: 52.050-050 - Recife - PE – Brasil - Telefone: (081) 241-4815 - Fax: (081) 441-5777 - E-mail: [waldir@costa.com.br](mailto:waldir@costa.com.br)

número de abastecimentos por poços vem crescendo desordenadamente nos últimos anos, principalmente durante o período da seca, quando a água subterrânea é utilizada em caráter emergencial.

A atitude generalizada de subestimar os riscos de poluição das águas subterrâneas, aliada ao descontrole e a falta de aplicação de mecanismos legais e normativos, marcados por uma visão imediatista de uso dos recursos hídricos subterrâneos, sujeitam os aquíferos, aos impactos da extração descontrolada e da ocupação indisciplinada do solo, que põem em risco a qualidade das águas subterrâneas.

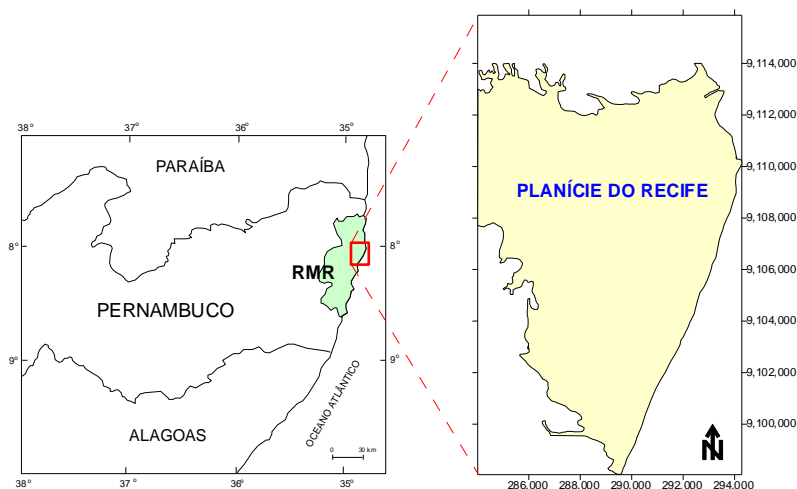
Em 1995 um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Pernambuco, através de um Convênio firmado entre o *International Development Resourch Center* do Canadá - I.D.R.C. e a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento de Ensino da UFPE - FADE, iniciou um estudo hidrogeológico na Região Metropolitana do Recife, denominado de Projeto HIDROREC (COSTA *et.al.*, 1998), onde foram abordados os aspectos de qualidade da água subterrânea.

Dentro deste escopo, COSTA FILHO *et al* (1998) apresentou os resultados obtidos no estudo das concentrações salinas das águas subterrâneas na Planície do Recife através do isótopo estável  $^{18}\text{O}$ , nas zonas com focos de salinização identificadas por COSTA FILHO (1997).

O presente trabalho visou a definição da origem das concentrações salinas detectadas por COSTA FILHO (*op.cit.*), corroborando com os resultados obtidos por COSTA FILHO *et al* (*op.cit.*), utilizando-se do estudo dos isótopos ambientais estáveis, oxigênio-18 ( $^{18}\text{O}$ ) e deutério ( $^2\text{H}$ ), nas águas subterrâneas da Planície do Recife.

## **ÁREA DO ESTUDO**

A Planície do Recife (Figura 1) está inserida na Região Metropolitana do Recife (RMR) no Estado de Pernambuco, entre os paralelos 08°09'19" e 08°00'41" de Latitude Sul e os meridianos 34°57'32" e 34°51'52" de Longitude Oeste de Greenwich, totalizando uma área de aproximadamente 112 km<sup>2</sup>.



**Figura 1** - Localização da área em estudo.  
 Fonte: COSTA FILHO *et al* (1998).

## **GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA**

Regionalmente, a RMR é constituída pelas rochas do embasamento cristalino e pelas rochas sedimentares sobrepostas, pertencentes às Bacias Sedimentares Costeiras Cabo e Pernambuco-Paraíba (CPRM, 1994).

Localmente, a Planície do Recife é composta por formações sedimentares constituindo-se em aquíferos intersticiais homônimos, Boa Viagem (COSTA *et al.*, 1994), Cabo e Beberibe Inferior, sendo estes dois últimos, de profundidade, confinados, recobertos pelo primeiro. Segundo COSTA *et.al.* (1998), o Aquífero Beberibe Inferior, de caráter confinado, composto por arenitos quartzosos continentais, é o de maior potencialidade e boas condições hidrodinâmicas e possui condutividade hidráulica de  $2,2 \times 10^{-5}$  m/s e transmissividade  $2,2 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s; o Aquífero Cabo, de caráter confinado, é composto por arenitos grosseiros de matriz arcoseana, arcósios, siltitos e argilitos, e possui condutividade hidráulica de  $1,0 \times 10^{-5}$  m/s e transmissividade de  $8,6 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s; o Aquífero Boa Viagem, de caráter livre, é composto por misturas de areias argilosas, argilas, limos e vasas, de origem continental ou marinha, e possui condutividade hidráulica de  $1,7 \times 10^{-4}$  m/s e transmissividade de  $7 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s. O recobrimento destes mananciais, na maior parte da Planície, é constituído por aluviões e terraços marinhos, bastante arenosos e freqüentemente salinizados até 50-60 metros por influência das zonas de mangues.

## SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Um bom indicador de possível contaminação de água continental por água de origem marinha é a relação iônica entre o cloreto e o bicarbonato, quando a mesma é superior a 20. Segundo COSTA FILHO (1997), o Aquífero Beberibe Inferior apresentou dois pontos com valores superiores a 20, coincidentes com os focos de altos valores de condutividade elétrica e de cloretos, equivalentes a valores da água do mar; o Aquífero Boa Viagem, apresentou um foco de alta concentração salina do bairro de Boa Viagem, com valores superiores a 20, equivalentes a valores da água do mar; e o Aquífero Cabo, apresentou um foco, além de alta concentração salina, com valores superiores a 20, que corresponderiam a valores da água do mar.

## ISÓTOPOS AMBIENTAIS

Em geral, a água marinha tem composição isotópica muito diferente da água doce e facilmente identificável. As águas salinas ou salobras, de composição isotópica com valor maior do que encontrado nas águas subterrâneas doces, podem ter origem na dissolução de sais ou na concentração por evapotranspiração. Os isótopos naturais estáveis oxigênio-18 e deutério podem ser usados para identificar se a fonte de contaminação salina é marinha ou não, pois as águas salinas originadas por processos de evaporação podem facilmente ser diferenciadas das águas marinhas.

Os resultados das medidas isotópicas são expressos em delta por mil que é o desvio da amostra em relação ao padrão internacional SMOW (*Standard Mean Ocean Water*) definido para o oxigênio-18, por:

$$\delta^{18}\text{O}(\text{‰}) = \frac{\left(^{18}\text{O}/^{16}\text{O}\right)_{\text{amostra}} - \left(^{18}\text{O}/^{16}\text{O}\right)_{\text{padrao}}}{\left(^{18}\text{O}/^{16}\text{O}\right)_{\text{padrao}}} \times 10^3$$

Nas medidas de deutério,  $\delta^2\text{H}$  expressa as razões  $^2\text{H}/^1\text{H}$  na amostra em relação ao padrão SMOW.

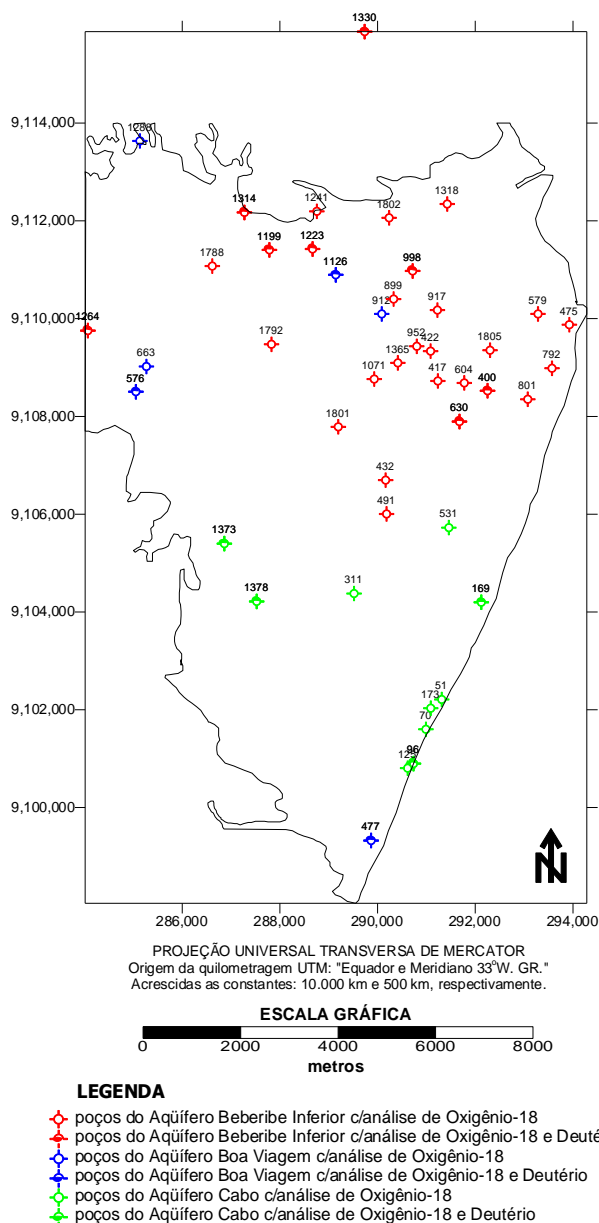
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Complementando as análises da qualidade e origem das águas subterrâneas na Planície do Recife, armazenadas nos aquíferos Cabo, Boa Viagem e Beberibe Inferior, foram determinadas as concentrações dos isótopos estáveis oxigênio-18 em quarenta e

cinco amostras, e deutério em quinze coincidentes com as de oxigênio-18, localizadas geograficamente no mapa da Figura 2. A tabela 1 apresenta os resultados destas análises, enquanto a tabela 2 mostra as faixas de concentração para cada isótopo.

**Tabela 1** - Valores isotópicos das águas subterrâneas da Planície do Recife.

Poço	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	Aquífero	Poço	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)	Aquífero
51	-1,4	-	Cabo	912	-1,6	-	Boa Viagem
70	-1,7	-	Cabo	917	-1,3	-	Beberibe Inf.
96	-1,7	5	Cabo	952	-1,3	-	Beberibe Inf.
125	-1,9	-	Cabo	998	-1,5	3	Beberibe Inf.
169	-1,0	5	Cabo	1071	-1,6	-	Beberibe Inf.
173	+0,6	-	Cabo	1126	-1,3	4	Boa Viagem
311	-1,6	-	Cabo	1199	-1,8	2	Beberibe Inf.
400	-1,4	4	Beberibe Inf.	1223	-1,4	3	Beberibe Inf.
417	-1,4	-	Beberibe Inf.	1241	-2,1	-	Beberibe Inf.
422	-1,4	-	Beberibe Inf.	1264	-1,2	3	Beberibe Inf.
432	-1,3	-	Beberibe Inf.	1288	-2,3	-	Boa Viagem
475	-1,3	-	Beberibe Inf.	1314	-2,0	-1	Beberibe Inf.
477	-1,7	4	Boa Viagem	1318	-2,2	-	Beberibe Inf.
491	-1,3	-	Beberibe Inf.	1330	-2,5	-1	Beberibe Inf.
531	-1,5	-	Cabo	1365	-1,4	-	Beberibe Inf.
576	-2,2	1	Boa Viagem	1373	-1,6	1	Cabo
579	-1,4	-	Beberibe Inf.	1378	-1,8	-2	Cabo
604	-1,3	-	Beberibe Inf.	1788	-1,7	-	Beberibe Inf.
630	-1,1	7	Beberibe Inf.	1792	-1,8	-	Beberibe Inf.
663	-1,9	-	Boa Viagem	1801	-1,3	-	Beberibe Inf.
792	-1,0	-	Beberibe Inf.	1802	-2,1	-	Beberibe Inf.
801	-1,4	-	Beberibe Inf.	1805	-1,3	-	Beberibe Inf.
899	-1,2	-	Beberibe Inf.				



**Figura 2 - Poços com coleta de água para análise de O-18 e Deutério.**

**Tabela 2 - Faixas de concentrações isotópicas nos aquíferos da Planície do Recife**

Aquífero	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
Cabo	-1,9 a + 0,6 ‰	-2,0 a + 5,0 ‰
Boa Viagem	-2,3 a -1,3 ‰	+1,0 a + 4,0 ‰
Beberibe Inferior	-2,5 a -1,0 ‰	-1,0 a + 7,0 ‰

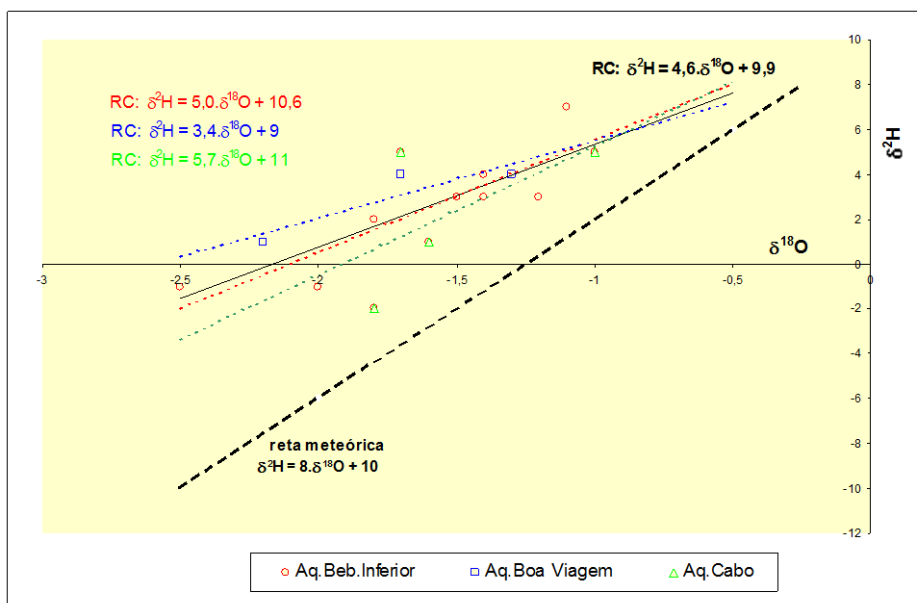
Como o número de medidas de oxigênio-18 é maior do que o de deutério,  $\delta^{18}\text{O}$  expressa melhor os valores isotópicos nessas águas. Os valores médios em Boa Viagem, Beberibe Inferior e Cabo são respectivamente de  $-1,8 \pm 0,4$ ;  $-1,5 \pm 0,4$  e  $-1,4 \pm 0,7$ , todos

eles acima do valor médio das precipitações regionais que é de  $-3,2$  ‰. As três zonas aquíferas apresentam as mesmas faixas de valores indicando processos idênticos de realimentação.

Os resultados de COSTA FILHO *et.al.* (1998) utilizando a relação entre o  $\delta^{18}\text{O}$  e a condutividade elétrica para caracterizar a recarga do lençol subterrâneo, não indicaram processo de salinização proveniente da contaminação por intrusão da cunha salina e sim um processo interno de salinização nos três sistemas aquíferos.

A figura 3 apresenta os valores de deutério em função de oxigênio-18 e nela está plotada a reta meteórica definida por CRAIG (1961),  $\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$  que representa o comportamento isotópico das águas de chuvas que foram formadas em condições de equilíbrio.

Os dados desta figura mostram que as amostras estudadas pertencem à reta  $\delta^2\text{H} = 4,6 \delta^{18}\text{O} + 9,9$  cujo coeficiente angular menor do que da reta meteórica, indica águas evaporadas. Neste gráfico, foram plotadas também as retas de correlação para as três zonas aquíferas distintas. Elas não são discutidas dada a imprecisão pelo número limitado de amostras dos sistemas Cabo e Boa Viagem.



**Figura 3:** Gráfico de correlação  $\delta^{18}\text{O}$  x  $\delta^2\text{H}$  das águas subterrâneas na Planície do Recife.

Além de indicar amostras evaporadas, o gráfico da figura 3 mostra que as águas têm

concentrações muito afastadas do valor da água do mar,  $\delta^2\text{H} = 0$  e  $\delta^{18}\text{O} = 0$ ; portanto, com estas amostras analisadas não foi detectada intrusão marinha.

Mesmo pensando em mistura de água do mar com água das chuvas regionais que têm em média  $\delta^{18}\text{O} = -3,2 \text{ ‰}$ , a mistura não daria os valores de salinidade encontrados nas águas subterrâneas analisadas. O valor de  $\delta^{18}\text{O}$  igual a  $-1,0 \text{ ‰}$  por exemplo, seria proveniente de uma mistura com 71% de água do mar e neste caso a amostra teria uma condutividade elétrica mais elevada do que o valor encontrado.

Embora o poço 169 tenha  $\text{Cl}^-/\text{Na}^+ = 1,18$  que é a razão para a água do mar pode estar havendo dissolução de sais de origem marinha e não mistura de água do mar pois a salinidade expressa pela condutividade elétrica é mais baixa ( $636 \text{ } \mu\text{S/cm}$ ) do que deveria ser conforme indicam a medida de oxigênio-18. Valores acima desta razão que aparecem em dois poços de Cabo devem decorrer de diminuição do valor de sódio por troca catiônica.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com a análise das medidas de oxigênio-18 e de deutério, conclui-se que águas evaporadas estão presentes nos três sistemas aquíferos estando as mais evaporadas no sistema Cabo. Além disso, corrobora-se com os resultados obtidos por COSTA FILHO *et al.* (1998) que concluíram que água oriunda do avanço da cunha salina não está presente nas amostras analisadas, havendo, contudo, um processo interno de salinização por dissolução ou por mistura com águas de origem marinha provenientes dos manguezais, paleomangues, etc.

Este estudo foi feito com dados de análises isotópicas em águas coletadas em 1996, portanto, muito provavelmente, já deve ter havido mudanças devido ao aumento de perfuração de poços e pelo crescente número de poços salinizados no Recife. Portanto, faz-se necessário um novo estudo isotópico na região.

## BIBLIOGRAFIA

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM (1994)** - *Sistema de Informações para Gestão Territorial da Região Metropolitana do Recife - Projeto SINGRE, Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife*. Recife, CPRM/FIDEM. 27p. (Série Recursos Hídricos, 2).

**COSTA, W.D.; SANTOS, A.C.; COSTA FILHO, W.D. (1994)** - *O controle estrutural na*



*formação dos aquíferos na Planície do Recife. In: 8º Cong. Brasileiro de Águas Subterrâneas. Recife, ABAS. 38-43.*

**COSTA, W.D.; SANTOS, A.C.; COSTA FILHO, W.D.; FILHO, J.M.; MONTEIRO, A.B.; SOUZA, F.J.A.de (1998)** - *Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife - Projeto HIDROREC- Convênio IDRC(Canadá) e UFPE/FADE. Relatório inédito.*

**COSTA FILHO, W.D. (1997)** - *Estudo Hidroquímico nos Aquíferos da Planície do Recife. Dissertação de Mestrado. Recife, UFPE. 225p.*

**COSTA FILHO, W.D.; SANTIAGO, M.M.F.; MENDES FILHO, J.; COSTA, W.D. (1998)** - *Concentração salina das águas subterrâneas na Planície do Recife In: III Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste. Recife, ABAS. 124-131.*

**CRAIG, H. (1961)** - Isotopic variations in meteoric waters. *Science*, 133: 1702-3.