

## ESTUDO ISOTÓPICO DAS ÁGUAS DO CARIRI

M.F.Santiago\*, H.Frischkorn\*\*e A.N.Serejo

\*Dep. de Física-UFC, Cx. Postal 6030  
60.450 Fortaleza, Ce.\*\*Dep. de Hidráulica-UFC  
60.450 Fortaleza, Ce.

## RESUMO

O presente trabalho apresenta os primeiros resultados das análises isotópicas das águas subterrâneas no Cariri. As medidas de carbono-14 distinguem os aquíferos Missão Velha Superior e Inferior, o primeiro com água desde moderna até 3100 anos e o segundo, com tempo de residência de 1900 a 9200 anos. As concentrações de trício mostram uma estratificação das águas na Formação Exu com valores menores do que 0,7 TU enquanto as águas de chuvas atuais tem cerca de 3,2 TU.

## PALAVRAS CHAVE

Água subterrânea; Cariri; Datação com carbono-14; Trício

## INTRODUÇÃO

O estudo das águas subterrâneas no Cariri é importante sob vários aspectos: é a região do Ceará onde se usa intensivamente estas águas, especialmente das fontes, para irrigação e consumo doméstico; há um crescente desmatamento na Chapada, existem poucos dados sobre as reservas e não são conhecidos os processos de recarga.

Este trabalho é uma contribuição para a caracterização isotópica das águas subterrâneas do Cariri. Com medidas de carbono-14 e trício foram determinados os tempos de residência da água no aquífero Missão Velha Superior e Inferior e do aquífero na Formação Exu, na Chapada do Araripe.

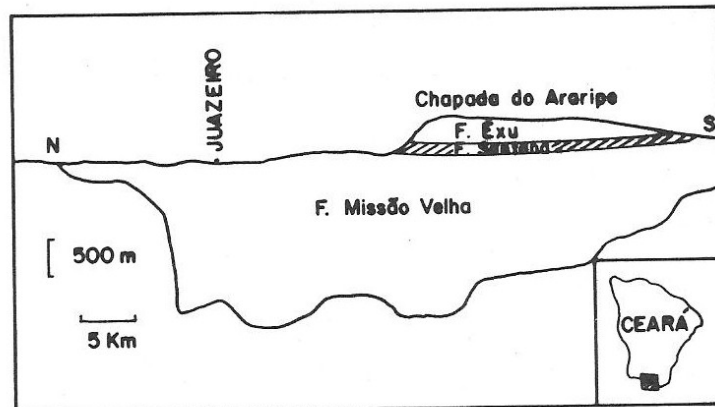


Fig.1. Perfil esquemático da Chapada do Araripe  
 Fonte: Rand, 1984, modificada

#### ÁREA

A água subterrânea na área (figura 1) é armazenada nas Formações Exu (Feira Nova) e Missão Velha. A primeira ocorre no topo da Chapada do Araripe, com uma espessura média de 300 metros, separada da segunda pela Formação Santana que é semi-permeável.

A água da Chapada fica armazenada na interface entre as duas Formações superiores, alimentando as fontes que estão na grande maioria no flanco norte. As perfurações acima da Chapada mostraram um nível estático de 120 metros impossibilitando o uso das águas. Algumas lentes de material argiloso permitem a formação de pequenos aquíferos suspensos como acontece na localidade de Cacimbas.

De acordo com SUDENE (1976) a Formação Missão Velha compreende dois aquíferos; o Missão Velha Superior e o Missão Velha Inferior, sendo este último abastecido por águas provenientes da Chapada através das margas da Formação Santana, por águas de chuva e pelas perdas do aquífero superior.

#### MÉTODOS DE ANÁLISE

As atividades do carbono-14 nos bicarbonatos dissolvidos na água foram medidas com um sistema de contadores proporcionais à gás (construído por M.A.GEYH) com as amostras na forma de acetileno. As determinações foram feitas no Dep. de Física da UFC e os resultados são expressos em pMC, percentagem do carbono moderno, e em anos antes de 1950. A idade em anos é calculada através do modelo exponencial que leva em consideração a mistura de componentes de diferentes idades conforme a expressão:  $t(\text{anos}) = 8036 \ln C_p/QC$  onde C e  $C_p$  são as atividades do carbono-14 na amostra e no padrão moderno, respectivamente e Q é o fator de diluição.

As determinações de trítio foram feitas na IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica, Viena) pelo Dr. Gonfiantini e os resultados são expressos em TU, unidade de trítio, onde 1 TU corresponde a 1 átomo de H-3 para  $10^{18}$  átomos de H-1.

#### RESULTADOS

As amostragens para este trabalho foram feitas nos municípios de Crato, Barbalha, Juazeiro do Norte, Missão Velha e Brejo Santo, onde coletou-se amostras de água de poços, fontes, barreiros e cisternas.

TABELA 1 - Modelo exponencial para o carbono-14

i	C <sub>oi</sub>	T (anos)	C <sub>1989</sub>		C <sub>1990</sub>	
			Q=0,90	Q=0,95	0,90	0,95
1951	97	2	111	118	111	117
1952	97	4	112	119	112	118
1953	97	6	114	120	113	120
1954	98	8	115	122	115	121
1955	98	10	116	122	115	122
1955	100	12	116	122	115	122
1956	102	14	115	122	115	121
1957	107	16	115	121	114	121
1958	112	18	114	120	114	120
1959	116	20	113	119	113	119
1960	119	22	112	118	112	118
1961	120	24	111	118	111	118
1962	123	26	111	117	111	117
1963	135	28	110	116	110	116
1964	156	30	109	115	109	115
1965	164	32	108	114	108	114
1966	163	34	107	113	108	114
1967	160	36	107	113	107	113
1968	157	38	106	112	106	112
1969	154	40	106	111	106	112
1970	153	42	105	111	105	111
1971	150	44	104	110	105	110
1972	147	46	104	110	104	110
1973	144	48	103	109	104	109
1974	141	50	103	109	103	109
1975	138	52	102	108	103	108
1976	136	54	102	108	102	108
1977	134	56	102	107	102	107
1978	132	58	101	107	101	107
1979	130	60	101	107	101	107
1980	129	62	101	106	101	106
1981	128	64	100	106	100	106
1982	127	66	100	105	100	106
1983	126	68	100	105	100	105
1984	126	70	99	105	99	105
1985	125	72	99	105	99	105
		74	99	104	99	104
		76	98	104	99	104
		78	98	104	98	104
		80	98	103	98	104

C<sub>oi</sub> função de entrada, C função de resposta em 1989 e 1990, para tempo de residência entre 2 e 92 anos e fatores de diluição de 0,90 e 0,95.

A tabela 2 apresenta as idades das águas determinadas através da datação com carbono-14 dos bicarbonatos dissolvidos e características dos poços amostrados. Tentativas de datação das fontes foram frustradas por causa da baixa concentração de bicarbonatos.

As medidas de carbono-14 mostram que as águas no município de Crato, mais próximo à Chapada, são modernas; o tempo de residência destas águas é determinado através do modelo exponencial comentado em Santiago et al (1986) cujos resultados aparecem na tabela 1.

Nesta tabela  $C_{oi}$  são as concentrações de carbono-14 no  $CO_2$  da atmosfera medidas por Nydal & Lövsseth (1983) para o hemisfério sul nos meses de março, abril e maio que são mais chuvosos. Os valores entre 1951 e 1958 são os usados por Geyh (comunicação pessoal) e os entre 1981 e 1990 foram extrapolados dos valores de Nydal & Lövsseth (1983).

A amostra 1 coletada em 1990 apresenta 120 pMC; este valor mostra que o fator de diluição, conforme a tabela 1, deve ser de 0,95. Este fator foi utilizado nos cálculos de idade da tabela 2. Admitindo o fator de 0,95 as amostras 1, 2 e 3 têm, respectivamente, tempo de residência de 18, 42 e 52 anos e a amostra 6, coletada em 1989, 90 anos.

TABELA 2 - Datação de água de poços com Carbono-14

Nº	Local	Município	PMC*	Idade (anos)	Prof. (m)	** ND-NE	Q (m <sup>3</sup> /h)
1	G. M. Alegre	Crato	120,6 ± 1,1	moderna	-	-	-
2	S. Raimundo 2	Crato	111,5 ± 1,1	moderna	122	24,0	-
3	Vila Pe. Cícero	Crato	108,3 ± 0,8	moderna	98	10,0	-
4	Alto da Alegria	Barbalha	93,2 ± 0,7	152 ± 59	113	21,6	65
5	Barro Branco	Barbalha	88,0 ± 0,8	614 ± 76	-	-	-
6	Usina nº 2	Barbalha	84,5 ± 0,7	944 ± 69	-	-	-
7	Tupinambá 2	Barbalha	83,6 ± 0,8	1032 ± 76	163	20,4	144
8	Tupinambá 1	Barbalha	75,1 ± 0,5	1891 ± 58	134	17,5	150
9	Lagoa Seca 16	Juazeiro	102,2 ± 0,9	moderna	128	9,2	198
10	Lagoa seca 10	Juazeiro	80,9 ± 1,1	1295 ± 108	114	5,9	64
11	Rch. Macaco 2	Juazeiro	74,6 ± 0,9	1942 ± 98	150	19,5	120
12	Lagoa Seca 9	Juazeiro	64,2 ± 0,7	3144 ± 81	119	5,6	48
13	Rch. Macaco 8	Juazeiro	36,1 ± 0,4	7785 ± 90	190	20,4	47
14	Poço 2	Missão Velha	30,2 ± 0,4	9195 ± 112	87	-	43
15	Barreiro Preto	Brejo Santo	75,1 ± 0,7	1891 ± 71	128	-	99

\* percentagem do carbono moderno

\*\* nível dinâmico - nível estático

A tabela 3 mostra os valores da concentração de trício em 10 amostras de quatro origens diferentes; os maiores valores são da cisterna que armazenou água de chuva de 1989 e do barreiro que armazena água dos últimos anos; donde se conclui que o valor da concentração de trício nas águas atuais é cerca de 3,2 TU.

TABELA 3 - Trício em águas do Cariri

Nº	Origem	Local	Município	H-3 (TU)
1	Cisterna	Faz. Travessia	Crato	3,2
2	Barreiro	Barreiro Grande	Crato	3,0
3	Poço	AABB - Crato	Crato	2,0
4	Poço	Poço 2	Missão Velha	1,1
5	Poço	Hospital S. Vicente	Barbalha	0,7
6	Poço	P5- Riacho dos Macacos	Juazeiro do Norte	0,3
7	Fonte	Granjeiro Clube	Crato	0,7
8	Fonte	Bom Jesus - Caldas	Barbalha	0,4
9	Fonte	Serrano Clube	Crato	0,3
10	Fonte	Nascente Batâteira	Crato	0,3

Nos poços os valores variam de 2,0 TU a 0,3 TU e os menores valores foram encontrados nas fontes onde o máximo é de 0,7 TU. Aplicando o modelo exponencial de mistura, cujos resultados são apresentados na tabela 4, verifica-se que as águas da Formação Exu, das fontes, não são bem misturadas mas apresentam uma estratificação, pois os valores na tabela indicam tempos de residência acima de 300 anos enquanto a variação da vazão de algumas fontes medidas é mensal. Os valores de  $C_{O_1}$  na tabela 4 são as concentrações de trício na atmosfera (Geyh comunicação pessoal).

#### CONCLUSÃO

As datações com carbono-14 e trício das águas subterrâneas no Cariri, feitas até o presente momento, mostram que há uma recarga recente no aquífero Missão Velha Superior e que as águas na Formação Exu são estratificadas e a recarga anual produz a saída das águas mais antigas.

TABELA 4 - Modelo exponencial para o trício

i	C <sub>Oi</sub>	T <sub>O</sub>	C <sub>1990</sub>	i	C <sub>Oi</sub>	T <sub>O</sub>	C <sub>1990</sub>
1951	2	1	3.0	1970	9	110	1.1
1952	3	2	2.9	1971	7	120	1.0
1953	4	3	2.7	1972	6	130	1.0
1954	5	4	2.7	1973	5	140	0.9
1955	7	5	2.7	1974	5	150	0.9
1956	10	6	2.7	1975	6	160	0.8
1957	20	7	2.7	1976	5	170	0.8
1958	30	8	2.7	1977	5	180	0.7
1959	40	9	2.8	1978	8	190	0.7
1960	60	10	2.8	1979	5	200	0.7
1961	85	20	2.8	1980	4	210	0.6
1962	47	30	2.5	1981	4	220	0.6
1963	40	40	2.2	1982	4	230	0.6
1964	34	50	2.0	1983	4	240	0.6
1965	28	60	1.8	1984	3	250	0.6
1966	19	70	1.6	1985	3	260	0.5
1967	15	80	1.4	1986	3	270	0.5
1968	8	90	1.3	1987	3	280	0.5
1969	8	100	1.2	1988	3	290	0.5
				1989	3	300	0.5

C<sub>Oi</sub> função de entrada, C função resposta em 1990 para tempos de residência entre 2 e 300 anos.

REFERÊNCIAS

- Nydal, R. e Lövseth, K. (1983). Tracing Bomb <sup>14</sup>C in the Atmosphere 1962-1980. J. Geophys Res. 88 (C6) 3621-3642.
- Rand, H. M. e Manso, V.A. (1984). Levantamento gravimétrico e magnetométrico da bacia Araripe. Anais do XXXIII Congr. Bras. Geol., 2011-2016.
- Santiago, M. F., Frischkorn, H. e Serejo, A. N. (1986). Estudo de poços profundos no cristalino, durante um período de seca, usando medidas isotópicas. Anais do 4º Congr. Bras. Ag. Subt., 391-403.
- SUDENE. (1967). Estudo geral de base do Vale do Jaguaribe. Vol. 7.