

AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO CRISTALINO DO SEMI-ÁRIDO NO CEARÁ-BRASIL: O MUNICÍPIO DE TAUÁ

Maria Marlúcia F. Santiago* Zulene A. Teixeira**, Horst Frischkorn***
e Josué Mendes Filho*

Departamento de Física da UFC, Tel.: (0xx85)288.9913, Fax: (0xx85)287.4138 e E-MAIL:
marlucia@fisica.ufc.br.

Departamento de Geologia da UFC

*** Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC, Caixa Postal 6018, CEP 60451-970,
Fortaleza, CE, Tel.: (0xx85)288.9623, Fax: (0xx85)288.9627 e E-MAIL: cariri@ufc.br.

Resumo. As águas subterrâneas no município de Tauá no semi-árido do Ceará armazenadas em áreas aluvionares e no cristalino foram estudadas tomando-se o parâmetro concentração salina. Com isto, conseguiu-se identificar a origem dos sais e processos de salinização. No conjunto de amostras analisadas predominam águas bicarbonatadas magnesianas, nas aluviões, e cloretadas magnesianas, no cristalino. Nas áreas de solos mais susceptíveis à erosão encontram-se as águas mais salinas. O clima favorece a evaporação durante os meses secos deixando sais nos solos que são carregados durante os meses úmidos. Bruscas mudanças de umidade e a elevada temperatura do ambiente favorecem o intemperismo das rochas. Nas áreas aluvionares foi observado também o efeito da evaporação.

Abstract. This study refers to ground water in the semi-arid of Ceará, in the township of Tauá, stored in alluvial deposits and fractures of the crystalline basement. Salinity measurements and chemical analyses permit the identification of basic processes of salination. In alluvial areas, waters of the type $\text{HCO}_3^-/\text{Mg}^{2+}$ predominate, whereas in the crystalline $\text{Cl}^-/\text{Mg}^{2+}$ prevail. Salinity is shown to be dependent on the type of soil. Some processes can be identified, which are favored by changes of humidity and temperature in the semi-arid. Evaporation plays a major role in the salination of surface near groundwater.

Palavras-chave: água subterrânea (ground water), intemperismo (weathering), semi-árido (semi arid), salinização (salinization).

INTRODUÇÃO

A escassez de água é a principal determinante dos baixos índices sócio-econômicos no cristalino do semi-árido no Ceará-Brasil. O clima regional se caracteriza por um período chuvoso, que ocorre de janeiro a maio com média anual de 550 mm, e um período seco correspondente aos meses de junho a dezembro. Além disso, a distribuição de chuva é irregular no espaço e no tempo. Secas plurianuais são freqüentes.

Para suprir a escassez de água nos meses secos, foi adotada, há mais de cem anos, uma política de construção de reservatórios superficiais, os açudes. Embora em anos normais seja uma boa estratégia, em anos de seca não chove o suficiente para estocar água necessária para suprir o período sem chuvas. Um outro problema relacionado ao uso dos açudes é a alta taxa de evaporação, em torno de 2,2m por ano. Este processo, além de reduzir a quantidade de água, conduz à salinização, exigindo um monitoramento

criteroso para evitar a total perda da capacidade de uso das águas.

Daí a importância do programa de perfuração de poços na área desenvolvido nos últimos 35 anos. Como no Estado do Ceará 75% da área é de cristalino, os armazenamentos de água ocorrem em fendas e fraturas. No entanto, como no início do programa os métodos geofísicos ainda não eram empregados, era grande o percentual de poços secos ou com vazão ineficiente.

Com o desenvolvimento de técnicas modernas, a locação dos poços passou a obedecer a critérios que permitem êxito quanto à vazão produzida. Mas outra dificuldade é presente. As águas subterrâneas nas áreas cristalinas têm concentrações salinas elevadas e, na maioria dos casos, elas não são recomendadas para consumo humano. Em cadastro feito pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM, 1999), dos 11.888 poços no Estado, somente 21 % têm condutividade elétrica menor que 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, nos demais, 40 % têm

valores entre 500 e 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os 39 % restantes têm mais de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podendo atingir valores maiores de 20000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O município de Tauá está localizado no centro oeste do Estado do Ceará. Geologicamente, sua área está totalmente inserida no cristalino, apresentando a nordeste o Complexo Independência, a noroeste o Granitóide Pereiro; uma faixa central de norte a sul é ocupada pelos leptinitos de Tróia e a oeste pelos Granitóides Mocambo-Meruoca.

Neste trabalho, identificamos processos responsáveis pelas altas concentrações salinas das águas subterrâneas no município de Tauá, armazenadas em fendas e fraturas no cristalino e em aluviões de rios e riachos intermitentes. Para isso, estudamos um conjunto de poços profundos e de cacimbões, que são poços rasos cavados com diâmetro acima de 3m e, em geral, localizados nas aluviões.

QUALIDADE DAS ÁGUAS

A tabela 1 apresenta a condutividade elétrica e os tipos das águas coletadas em cacimbões, localizadas nas zonas aluvionares e em poços profundos no cristalino. Ela mostra que as águas da área têm condutividade elétrica na faixa de 190 a 11.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Quanto ao tipo de água denominamos de “Bic” uma água bicarbonatada com mais de 50% de HCO_3^- e de “Clo” uma água cloretada com mais de 50% de Cl^- . Nestas águas a concentração de sulfatos é relativamente muito baixa. Nos cacimbões predomina o tipo bicarbonatada e nos poços o tipo cloretada.

Comparando a distribuição de condutividade elétrica com o tipo de solo observa-se que os poços localizados em áreas de solo bruno não cálcico e litólicos eutróficos apresentam valores mais elevados do que nas áreas de solos podzólico vermelho - amarelo eutróficos. Os solos bruno não cálcico e litólicos eutróficos são os mais susceptíveis à erosão e, conseqüentemente, os que mais favorecem dissolução e troca de base (Figura 1).

Os solos bruno não cálcico são originados da decomposição de gnaisses, micaxistos, migmatitos, anfíbolitos e filitos, apresentam textura argilosa e taxa de saturação de base próxima de 90%.

Local	CE	Tipo
Faz. Tiasol	C1	405 Bic./Na>Ca>Mg
Faz. M. Nova	C2	358 Bic./Na>Ca>Mg
Faz. Baixa Verde	C10	193 HCO_3^- >Cl/Mg>Na
Vila Joaquim	C12	687 Bic/ Na>Mg
Faz. Barra	C13	595 Bic/ Na>Mg>Ca
Faz. Rch Verde	C15	1100 HCO_3^- >Cl/Mg>Na
São Bentinho	C16	392 Bic/Na>Mg
Faz. Estância	C17	1045 HCO_3^- >Cl/Na>Mg
Pov. Mutuca	C18	1995 HCO_3^- >Cl/Mg>Na
S.I.P. Irrigação	C24	211 Bic/ Mg>Na
Faz. São Braz	C25	2390 Bic/ Na>Mg
Alferes	C26	5600 Bic/ Mg>Na
Açudinho	C27	2630 Bic/ Mg>Na
Caraubas	C29	1802 Clo/ Mg>Na
Faz. Juá	C33	2310 Bic/ Mg>Na
Faz. Carrapateira	C34	11000 Bic/ Mg>Na
Massapé	P4	1955 Mg>Na
Alto Alegre	P7	1040 Bic/ Mg>Na
Marrecas	P9	1973 Clo/Mg>a
Faz. Arraial	914	841 HCO_3^- >Cl/Mg>Na
Pov. Sto. Ato.	P19	1637 Cl/ Na>Mg
S. Joaquim	P22	3390 Cl Mg>Na
S. Marrecas	P23	1990 Mg>Na
Lagoa do Ramo	P28	2410 Cl> HCO_3^- /Mg>Na
Teco	P30	2640 Cl> HCO_3^- /Mg>Na
Cipó- B. Nova	P31	1140 HCO_3^- >Cl/Mg>Na
Bom Jesus	P32	6590 Clo/Mg>Na

Tabela 1 – Condutividade elétrica (CE) e tipo de água em cacimbões (C) e poços (P).

Os solos litólicos eutróficos são formados pelos mesmos minerais, com a diferença que anfíbolitos e filitos só aparecem em pequenas áreas, onde há granitos. A saturação de base neste tipo de solo é em torno de 75%. Na decomposição destas rochas e minerais os cátions Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+ são liberados e são eles os mais abundantes nas águas.

Estudando águas de fontes, poços e rios no município de Tauá, Santiago et al. (1998) identificaram a importância do processo de intemperismo dos alumínio silicatos anortita e albita para a produção de íons de sódio e de cálcio, do intemperismo de minerais ferromagnesianos para a produção de íons de magnésio e do intemperismo da apatita para a liberação de íons de cloretos.

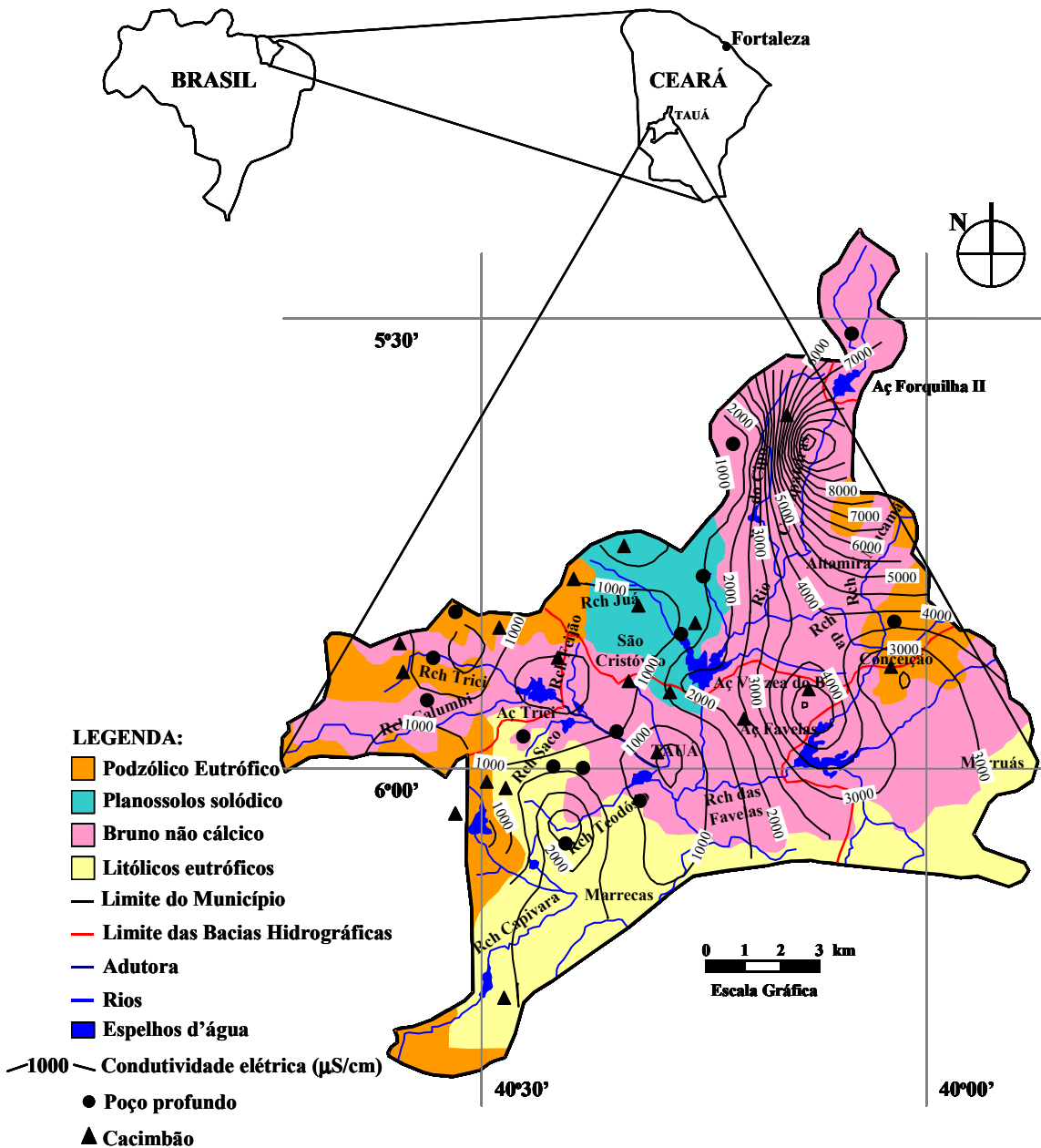


Figura 1 Esboço pedológico do município de Tauá (Fonte: Plano Estadual dos Recursos Hídricos- Ceará)

O diagrama de Piper na figura 2 mostra que as águas dos cacimbões são bicarbonatadas e as dos poços são predominantemente cloretadas.

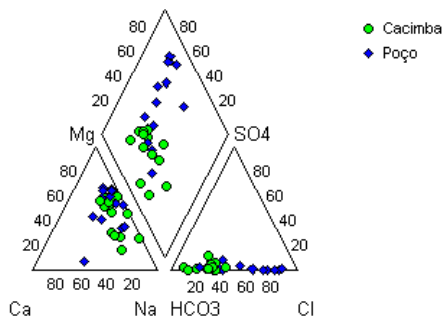


Figura 2 - Diagrama de Piper.

Quanto aos cátions, predominam nos poços águas sódicas e, nos cacimbões, águas magnesianas. Os cacimbões são construídos nas zonas aluvionares, nos leitos de rios e riachos.

O diagrama de Schoeller, apresentado na figura 3, também mostra a diferença de qualidade entre as águas armazenadas nos cacimbões e nos poços. Os cacimbões por serem construídos nas áreas aluvionares têm águas que são renovadas e diluídas anualmente no período úmido.

Gráficos que correlacionam diferentes íons estão apresentados na figura 4. Neles observa-se que magnésio e sódio estão diretamente correlacionados

com os cloretos, o que indica a mesma origem destes íons, tanto nos cacimbões quanto nos poços.

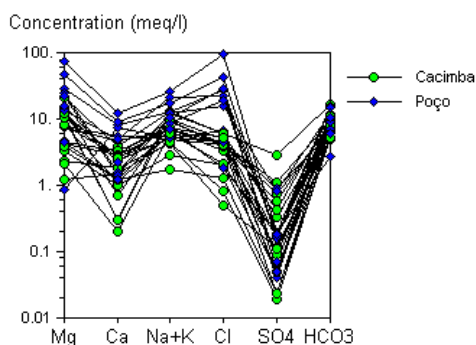


Figura 3 – Diagrama de Schöeller.

O cálcio está bem correlacionado com os cloretos nas amostras de cacimbões, mas não nas amostras de poços o que indica a existência de outro processo de salinização, tais como dissolução, nas águas dos poços. A existência de outros processos pode ser observada também no gráfico que correlaciona cálcio e magnésio. A correlação entre sódio e magnésio é mais bem definida para os poços do que para os cacimbões.

No caso das águas bicarbonatadas que revelam recarga mais rápida e estão presentes nas zonas aluvionares exploradas nos cacimbões, as relações entre íons estão mostradas também na figura 4. Nestes gráficos o magnésio se correlaciona melhor com o bicarbonato nas amostras de cacimbões do que nas de poços, indicando possível processo de dissolução nos poços. O sódio e o cálcio não se correlacionam bem com o bicarbonato nos dois tipos de amostras o que indica produção diferente destes íons.

CONCENTRAÇÃO SALINA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Na região, as espessuras dos pacotes aluvionares variam, em geral, de 2 a 5 metros e são armazenamentos em condições de aquífero livre. Nestas áreas encontram-se as águas menos salinas, que são misturas de recargas anuais. São águas bicarbonatadas. A evaporação da água nos rios e nos riachos é um processo muito importante para o aumento da concentração salina.

Nas áreas cristalinas do Ceará, em geral, as águas subterrâneas apresentam concentrações salinas mais elevadas do que as armazenadas nas bacias sedimentares. Considerando que as condições

climáticas, como temperatura e pluviosidade são comuns aos dois tipos de armazenamento, conclui-se que além do clima o ambiente físico e químico exerce forte influência sobre a qualidade das águas.

O intemperismo de feldspatos, muito abundantes nas áreas cristalinas, é favorecido pelas bruscas mudanças do clima com respeito à umidade passando a úmido depois de seis a sete meses sem chuvas. Este processo ocorre durante a infiltração em solos que na área, em geral, têm espessura inferior a 0,5 m.

O processo de evaporação, além de concentrar em sais a água armazenada superficialmente, é muito importante também para a água de recarga dos aquíferos. A existência na região de dois períodos anuais pluviométricos extremos, um úmido e outro seco, condiciona o armazenamento de sais no solo, favorecido pelo clima e condições geológicas. Durante o período chuvoso, água de chuva se acumula nas depressões que, pela pequena espessura de solo, formam pequenos lagos. No período seco a seguir, estas acumulações secam por evaporação, ficando somente os sais no local. No período chuvoso a seguir, estes sais são dissolvidos pelas águas de recarga, entrando no aquífero diretamente, ou são carregados pelas águas de chuvas que lavam as bacias hidrográficas.

Um outro concentrador de sais é a construção de pequenos reservatórios superficiais que secam por evaporação durante o período seco e também causam um dano especial aos reservatórios maiores na mesma bacia hidrográfica porque diminuem o volume de água que chega ao reservatório durante o período chuvoso e, conseqüentemente, a renovação de suas águas por impedir que o reservatório sangre e aumentando a evaporação na bacia.

Estudo realizado por Queiroz et al. (2001) também no município de Tauá mostrou que nos açudes as águas são predominantemente cloretadas naqueles reservatórios cujas águas são pouco renovadas no período chuvoso. Águas bicarbonatadas são encontradas em reservatórios “sem memória” que secam nos períodos úmidos e que armazenam água somente do mesmo ano.

A recarga dos poços no cristalino pode ocorrer em alguns locais através da zona aluvionar se ela estiver presente na área. A predominância de águas

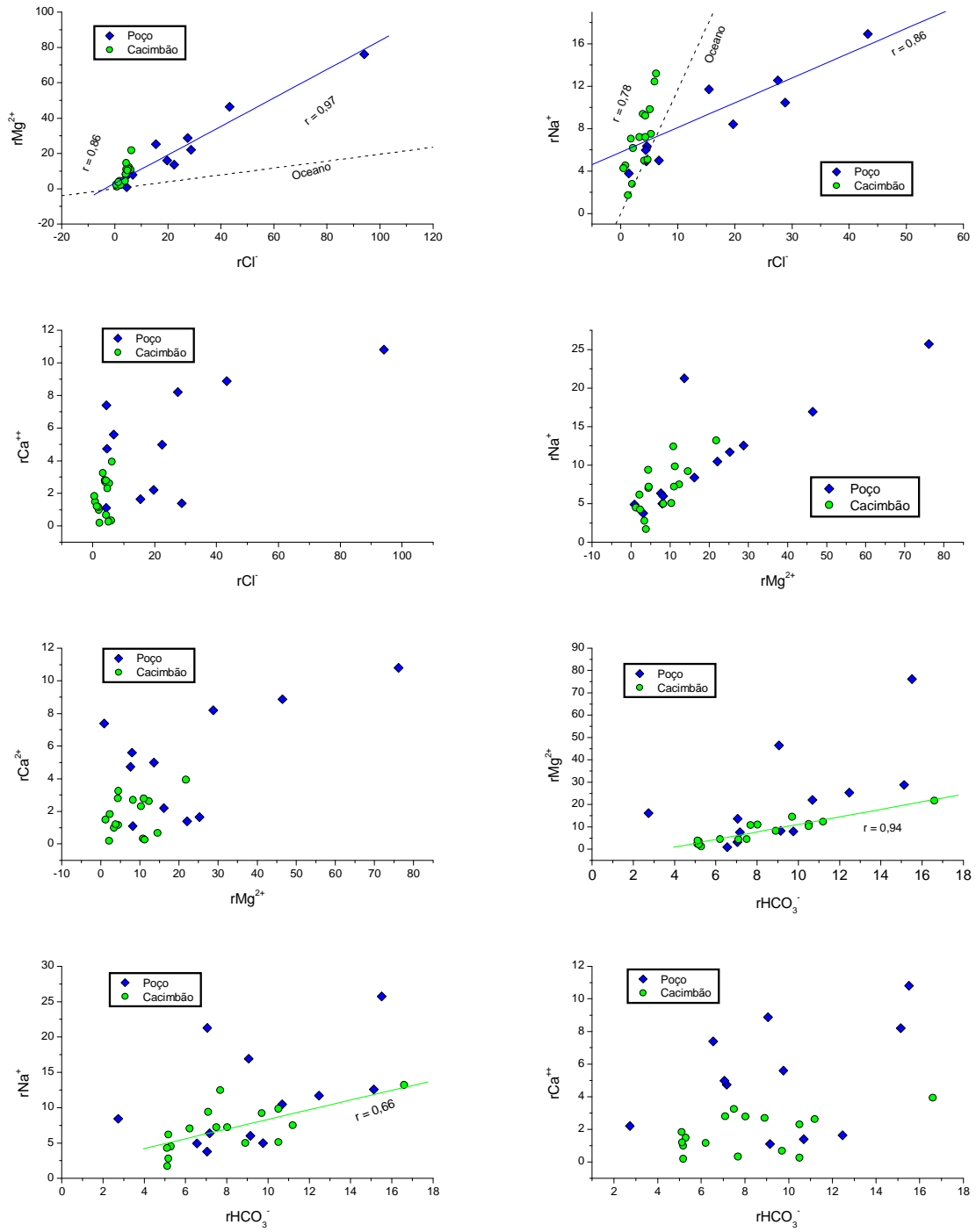


Figura 4 – Relações entre cátions e ânions em amostras de poços e cacimbões no município de Tauá.

magnesianas pode ser decorrente de troca de sódio com cálcio e magnésio ocorrida na área de recarga.

Nas áreas de cristalino as condições de armazenamento em fraturas pode contribuir para tornar as águas mais salinas do que nas áreas sedimentares. O armazenamento em fraturas não conectadas pode dificultar a remoção dos sais do reservatório.

CONCLUSÕES

A diferença entre as salinidades das águas armazenadas em áreas aluvionares, exploradas por cacimbões, e em áreas de cristalino permitem concluir que diferentes processos contribuem para aumentar a concentração de sais nas águas subterrâneas na região cristalina no semi-árido município de Tauá.

Os sais na água originários das rochas e do solo são concentrados por processos físicos acelerados pelo clima local. A alta taxa de evaporação e a existência de somente duas estações bem definidas quanto às chuvas, um período úmido, de até quatro meses, e o resto do ano seco, condiciona o armazenamento de sais estocados em todas as depressões da área.

O carreamento destes sais induz uma recarga dos reservatórios superficiais e subterrâneos com elevada concentração salina. Por isso, as águas da

região têm já elevada concentração salina na área de recarga. Nos reservatórios superficiais e em áreas de afloramento de água subterrânea, a evaporação é o processo dominante de concentração de sais, e este processo contribui também para salinizar as águas das aluviões.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à FUNCAP e ao CNPq pelo apoio financeiro e à COGERH (na pessoa de Valber Cordeiro) pelo apoio logístico.

REFERÊNCIAS

- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 1999. *Atlas dos recursos hídricos subterrâneos do Ceará*. Fortaleza. Publicação em CD.
- Queiroz AH, Frischkorn H, Santiago MMF. 2001. Variação da qualidade da água de açudes e poços no município de Tauá no período de junho de 1999 a junho de 2000. **In:** Anais 14º Simp. Bras. Rec. Híd., Aracajú, ABRH, São Paulo.
- Santiago MMF, Mendes Filho J, Frischkorn H, Lima CH. 1998. Processos de salinização de água subterrânea no cristalino dos Inhamuns no Nordeste do Brasil. **In:** 4º ALHSUD, Montevideo, Vol. 2, ALHSUD, Montevideo, 1053 – 1067.