

# EVOLUÇÃO TEMPORAL DAS CONCENTRAÇÕES DE ESPÉCIES QUÍMICAS PRESENTES NAS ÁGUAS ARMAZENADAS NO AÇUDE SANTO ANASTÁCIO NO CAMPUS DO PICI-FORTALEZA-CEARÁ

José Ossian Gadelha de Lima<sup>1</sup>; Maria Marlúcia Freitas Santiago<sup>1</sup>;

Josué Mendes Filho<sup>1</sup> & Horst Frischkorn<sup>2</sup>

**Resumo** - Em amostras de água do Açude Santo Anastácio, coletadas de setembro/2003 a maio/2004, foram analisadas a condutividade elétrica, o pH e as concentrações dos íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ . Os resultados mostraram que esses parâmetros estão relacionados a fatores climáticos (intensidade de chuvas, ventos e evaporação), à atividade de microrganismos e ao tempo de retenção das águas do açude.

**Abstract** – In water samples from the Santo Anastácio Dam, collected from September/2003 to May/2004, the electric conductivity, pH and  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$  ion concentrations were analysed. The results show that these parameters are related to climatic factors (rainfall intensity, winds and evaporation), to the activity of microorganisms and to the retention time of the waters in the dam.

**Palavras-Chave** – Açude Santo Anastácio; hidroquímica.

## INTRODUÇÃO

As águas superficiais são águas em trânsito, que se renovam, no Nordeste, em períodos muito curtos durante um ano. As perdas por evaporação são contínuas, dependendo das influências dos agentes e fatores climáticos, como insolação, umidade relativa, ventos, temperatura do ar, etc.

Essas águas são reabastecidas pelas chuvas, mas também recebem contribuições de águas de outras origens, entre elas esgotos domésticos. A mudança espacial e temporal na qualidade é decorrente de diferentes processos, entre eles a dissolução de sais presentes nos solos próximos às

---

<sup>1</sup> Departamento de Física da UFC, Caixa Postal 6030, Cep. 60455-760, Tel.:(0xx85) 288.9913, Fax: (0xx85) 288.9450, e-mail: marlucia@fisica.ufc.br.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da UFC; Tel.:(0xx85) 288.9623; Fax: (0xx85) 288.9627; email: [cariri@ufc.br](mailto:cariri@ufc.br).

margens e carreamento de aerossóis presentes na atmosfera pelas chuvas. Assim, a qualidade dessas águas depende de fatores naturais e antrópicos, os últimos, quase sempre, poluidores [1].

Muitas vezes, não são processos simples os que tornam as águas dos reservatórios superficiais de má qualidade e restringem o seu uso; análises hidroquímicas contribuem para o entendimento destes processos. Através de medidas de parâmetros tais como pH, condutividade elétrica (CE) e das concentrações de íons cloreto, bicarbonato, cálcio e magnésio é possível avaliar o grau de influência dos fatores naturais e antrópicos na qualidade dessas águas e os impactos ambientais que são capazes de provocar [2].

O Açude Santo Anastácio, localizado no Campus do Pici da UFC, em Fortaleza-CE, é um exemplo típico de reservatório de água superficial situado em uma grande metrópole. Suas águas são reabastecidas pelas chuvas e também por esgotos domésticos, o que torna o seu uso restrito. Mesmo sem o conhecimento das condições sanitárias do açude, habitantes da redondeza praticam a pesca e, em alguns pontos, a água é utilizada para pequena irrigação e lazer, ignorando-se completamente o perigo que seu uso pode causar à saúde.

Estudos anteriores já foram realizados nas águas do Açude Santo Anastácio, porém não foram sistematizados para permitir fornecer informações à comunidade interessada sobre a sua qualidade e os impactos causados por substâncias dissolvidas nessas águas.

Assim, esse trabalho discute dados de análises físico-químicas mensais obtidos em amostras das águas do Açude Santo Anastácio, avaliando a evolução temporal das concentrações das espécies químicas presentes e identificando processos que possam ser comuns a outros reservatórios situados em regiões de grande densidade populacional.

## **METODOLOGIA**

Foram realizadas nove coletas mensais, de setembro/2003 a maio/2004, de amostras de água do Açude Santo Anastácio, em dois pontos diferentes: na desembocadura (A-04) e no sangradouro (A-05). Essas amostras foram levadas imediatamente ao Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da UFC e determinados onze parâmetros físico-químicos e químicos. As metodologias analíticas aplicadas foram aquelas descritas no *Standard Methods* [3]. Os parâmetros pH e condutividade elétrica foram obtidos usando equipamentos especiais como pHmetro e condutivímetro, respectivamente. Na determinação dos cátions cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) foi usado o método titulométrico com EDTA. Para os íons sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) foi usado o método da espectroscopia de emissão de chama. Na determinação da alcalinidade, onde estão envolvidos os ânions bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidroxila ( $\text{HO}^-$ ), foi utilizado o

método titulométrico de acidimetria. As concentrações do ânion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) foram determinadas por espectrofotometria e as de íons cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), pelo método titulométrico de argentimetria.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das análises físico-químicas estão apresentados na Tabela 1.

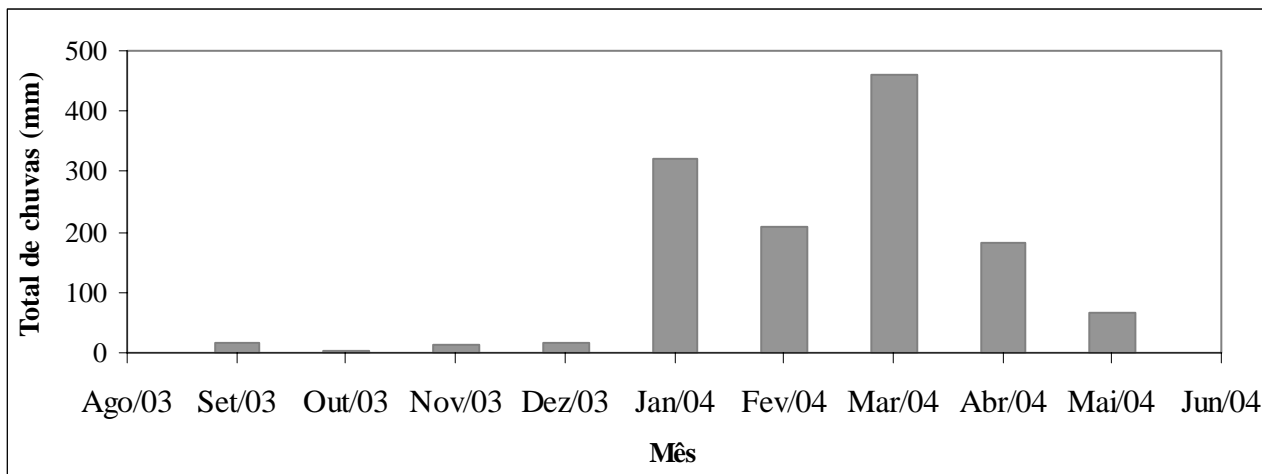
**Tabela 1** - Resultados das análises de pH, condutividade elétrica (CE) e dos íons cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonato nas amostras.

Data Coleta	Amostra	pH	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	Concentração em mg/L							
				$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{CO}_3^{2-}$
Set/03	A-04	8,74	747	32,54	20,96	93,61	13,00	130,33	27,78	184,22	ND*
	A-05	8,83	745	31,75	22,15	95,06	13,00	128,31	30,41	181,51	ND
Out/03	A-04	9,11	842	33,32	23,10	110,79	15,57	151,55	31,89	200,48	ND
	A-05	8,71	843	32,54	21,43	108,10	15,57	150,54	32,98	201,83	ND
Nov/03	A-04	10,27	870	30,89	14,92	110,02	16,85	164,68	17,80	107,63	17,63
	A-05	10,38	848	30,49	17,56	111,56	18,12	160,64	25,21	64,07	35,25
Dez/03	A-04	10,39	878	30,97	15,48	116,22	16,85	162,66	24,83	39,72	46,59
	A-05	10,13	854	27,83	20,72	116,22	18,12	160,64	23,95	47,41	44,07
Jan/04	A-04	7,71	849	33,71	21,67	101,48	15,57	142,46	23,83	225,52	ND
	A-05	9,09	829	32,93	21,67	103,27	14,29	147,51	25,46	199,89	ND
Fev/04	A-04	8,12	626	31,68	15,88	71,45	7,84	101,03	23,58	164,01	ND
	A-05	8,65	609	30,10	14,43	71,45	7,84	99,01	24,70	158,89	ND
Mar/04	A-04	7,57	474	22,97	11,55	53,14	6,54	68,99	19,45	133,26	ND
	A-05	7,94	514	23,36	13,71	58,64	7,84	74,41	21,37	133,26	ND
Abr/04	A-04	7,32	581	26,61	15,59	67,53	10,43	85,74	22,71	140,95	ND
	A-05	7,62	561	24,55	16,36	66,23	10,43	86,72	21,73	133,26	ND
Mai/04	A-04	4,48	601	26,14	16,36	67,53	9,13	93,62	23,21	151,20	ND
	A-05	7,82	591	23,76	16,84	66,23	10,43	91,65	24,96	138,39	ND

\*ND = não detectado.

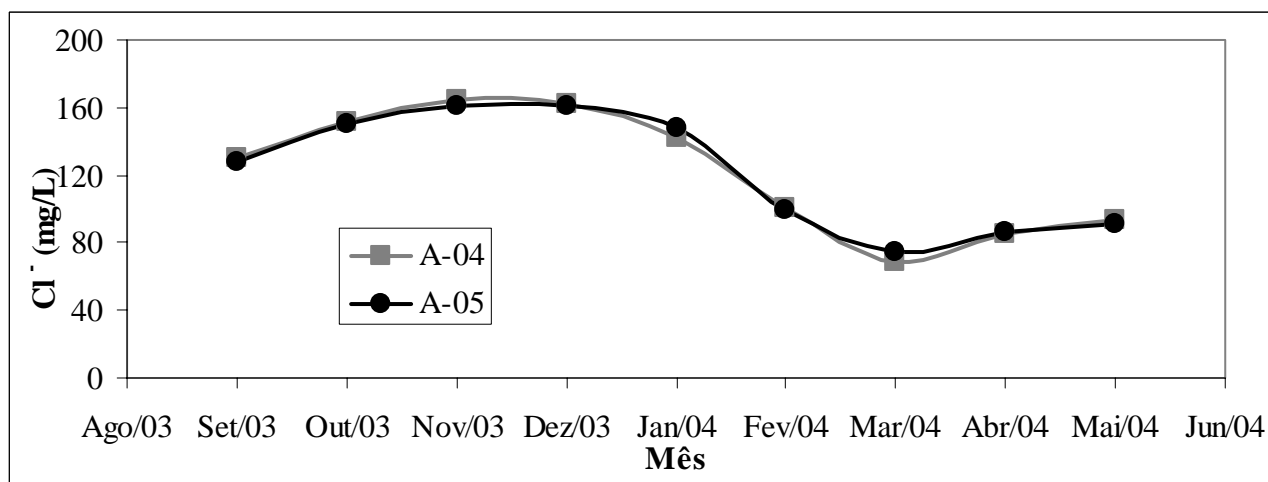
Para explicar o comportamento dos parâmetros listados na Tabela 1 ao longo do período de setembro/2003 a maio/2004, eles foram comparados com a intensidade das chuvas ocorridas no mesmo período. Um gráfico de precipitações *versus* mês, obtido a partir de dados pluviométricos obtidos da FUNCEME [4], é mostrado na Figura 1. Os dados se referem a totais mensais do

pluviômetro localizado dentro do Campus do Pici. Este gráfico mostra que nos meses de setembro a dezembro de 2003, as chuvas não ultrapassaram 17,6mm mensais, caracterizando o período de estiagem. Em janeiro de 2004, começou o período chuvoso que se estendeu até maio.

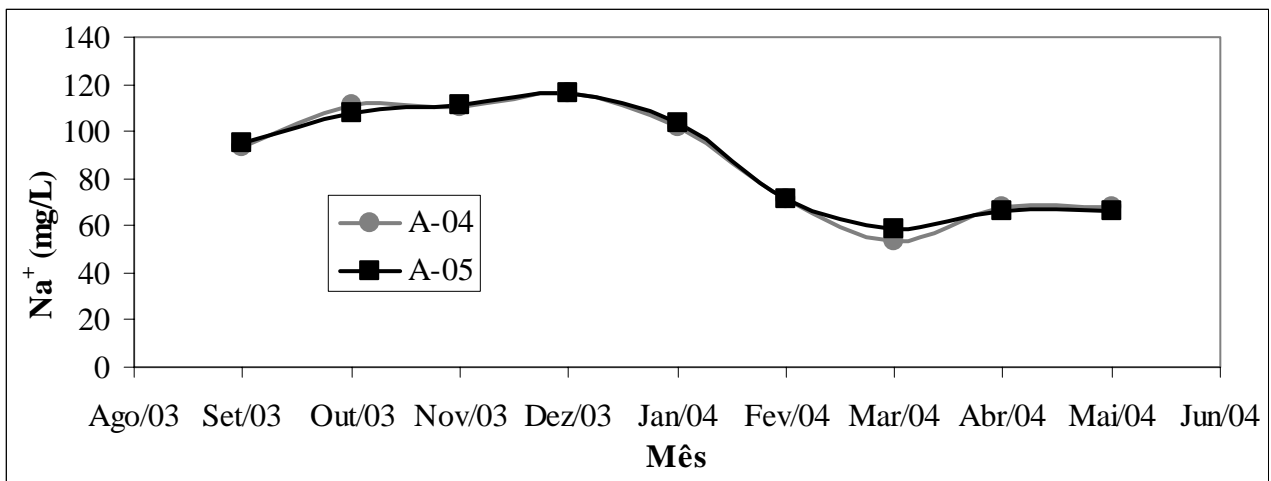


**Figura 1** - Intensidade das precipitações pluviométricas nos meses de coleta de amostra.

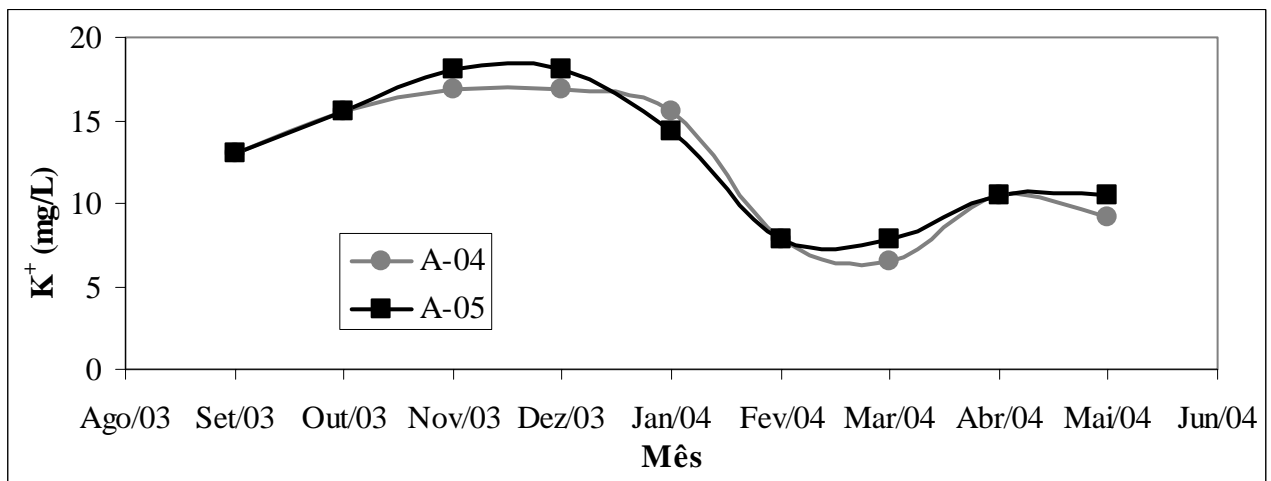
Nas Figuras 2, 3 e 4 observa-se que as variações nas concentrações dos íons cloreto, sódio e potássio com o tempo são dependentes da intensidade de chuvas e são muito semelhantes. Este comportamento está relacionado à afinidade química que têm esses íons e ao seu carreamento para o açude na forma de cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de potássio (KCl). Durante os meses de estiagem (setembro/2003 a dezembro/2004) as concentrações iônicas são mais elevadas devido à evaporação das águas do açude. Com o início do período chuvoso, essas concentrações começam a diminuir, caracterizando uma diluição provocada pela mistura das águas do açude com as águas provenientes das chuvas, com concentrações baixas. Em março, o mês de maior pluviosidade em 2004, as concentrações são mínimas.



**Figura 2** - Variação temporal da concentração do íon cloreto.



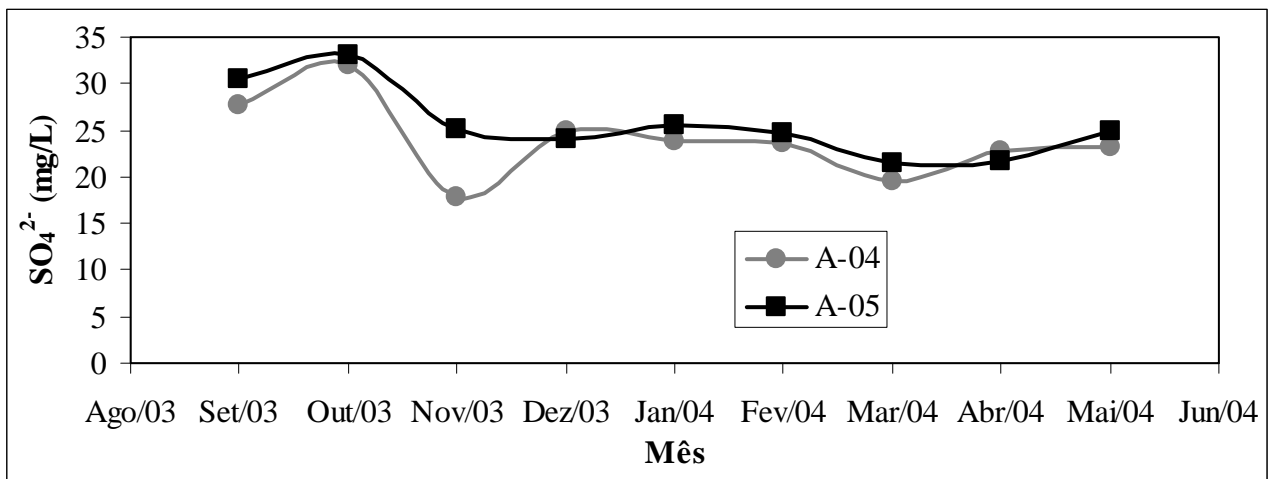
**Figura 3** - Variação temporal da concentração do íon sódio.



**Figura 4** - Variação temporal da concentração do íon potássio.

Os gráficos das Figuras 5, 6 e 7 mostram que os íons sulfato, cálcio e magnésio estão quimicamente associados nas águas carreadas para o açude, pois suas curvas apresentam características semelhantes. Assim como os íons cloreto, sódio e potássio, o sulfato, cálcio e magnésio apresentam concentrações mais elevadas nos meses de estiagem (setembro/2003 a dezembro/2003) devido à evaporação das águas do açude. Com o início do período chuvoso (janeiro/2004) essas concentrações começam a diminuir devido à diluição provocada pela mistura com as águas provenientes das chuvas.

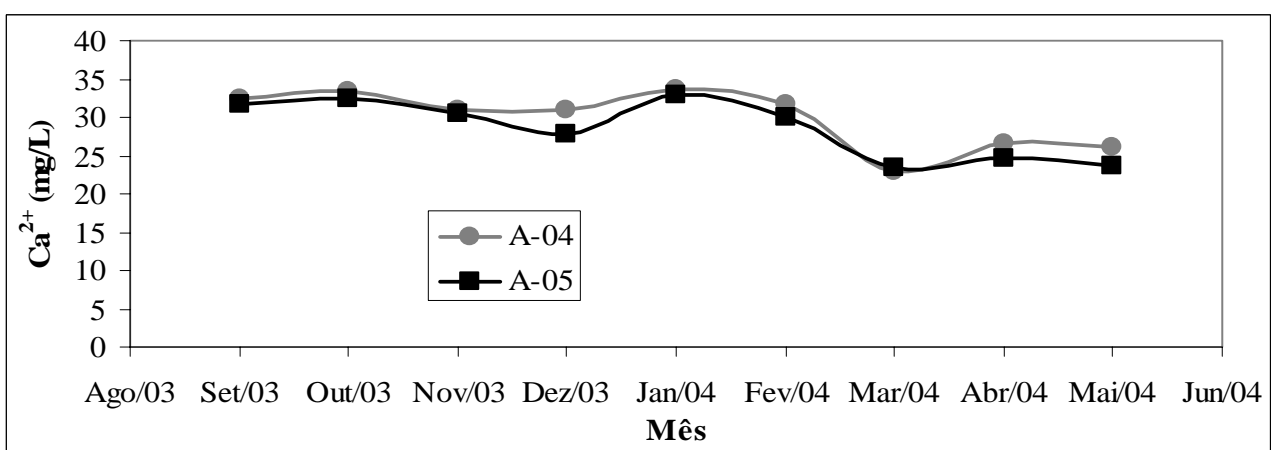
No entanto, algumas singularidades aparecem nas curvas dos íons sulfato, cálcio e magnésio. A primeira ocorre entre setembro e outubro/2003 quando essas concentrações aumentam. Isto pode ser explicado pela evaporação das águas do açude e pela recarga através do fluxo de base proveniente de lagoas à montante, principalmente da Lagoa de Parangaba. Este processo foi identificado por Oliveira em um trabalho anterior sobre eutrofização antrópica do açude [5].



**Figura 5** - Variação temporal da concentração do íon sulfato.

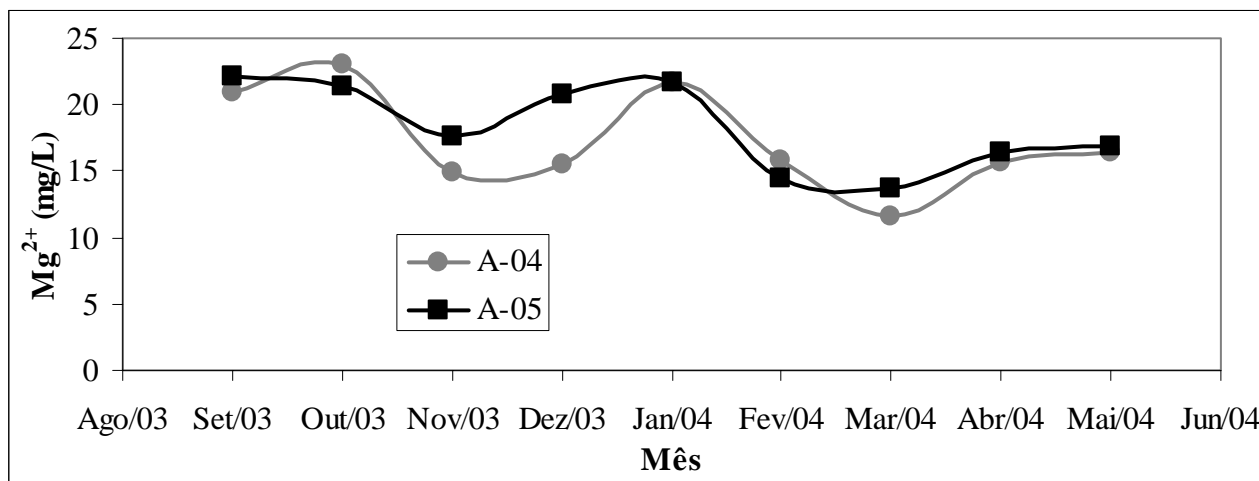
No período de outubro a novembro/2003 ocorreu um acentuado decréscimo nas concentrações desses íons (principalmente  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) sem que tivesse acontecido renovação das águas. Essa diminuição se deve à ação de microrganismos que utilizam o oxigênio dos íons sulfato, reduzindo-os a sulfetos ( $\text{S}^{2-}$ ). A evidência desses processos microbiológicos é confirmada por três características da água dessa época: a cor verde intensa (pela presença de altas concentrações de microalgas), o forte odor de matéria orgânica em decomposição (do  $\text{H}_2\text{S}$  produzido) e os altos valores de pH (Figura 10) [6]. Durante esse período, foram registradas as mais baixas velocidades de ventos do período estudado, o que impediu uma melhor homogeneização das águas e aeração satisfatória, favorecendo a ação dos microrganismos. Este fato foi melhor evidenciado na amostra A-04 (desembocadura), onde a concentração de íons  $\text{SO}_4^{2-}$  foi a menor do período.

O terceiro ocorreu entre novembro e dezembro/2003, quando as concentrações dos três íons se elevam graças a uma menor atividade dos microrganismos (começa a aumentar a velocidade dos ventos e a diminuir os valores de pH e da cor) e ao fluxo de base proveniente da Lagoa de Parangaba.



**Figura 6** - Variação temporal da concentração do íon cálcio.

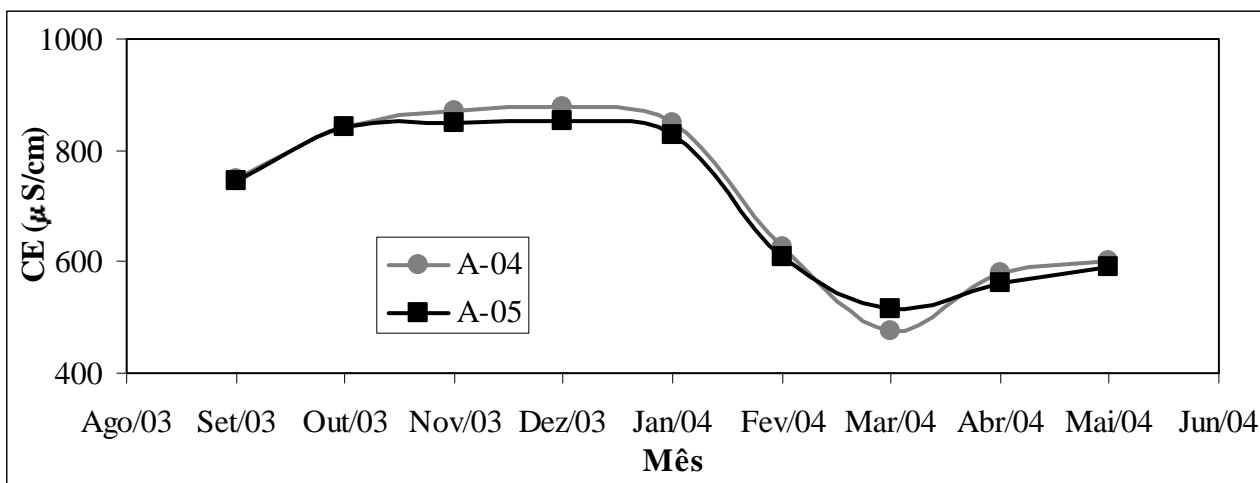
A partir de dezembro essas concentrações permaneceram praticamente constantes. Isto deve estar relacionado a uma diminuição da ação dos microrganismos e à reposição, através do lixiviamento provocado pelas chuvas e do fluxo de base, do que foi escoado. Somente em março/2004 houve um ligeiro decréscimo nas concentrações de sulfato, cálcio e magnésio, provocado pela diluição causada pelas maiores precipitações de todo o período estudado.



**Figura 7** - Variação temporal da concentração do íon magnésio.

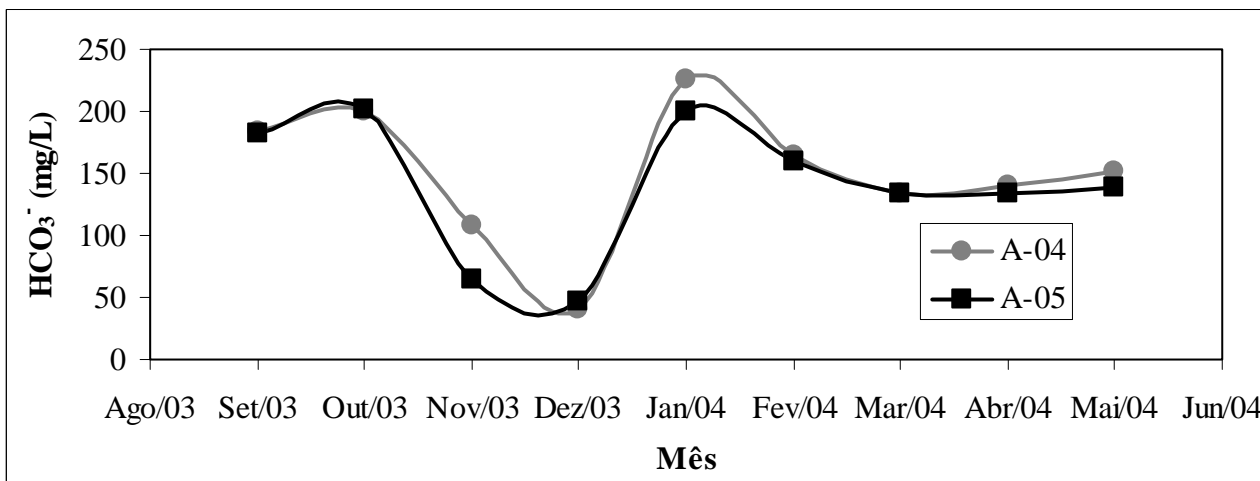
O lixiviamento dos íons sulfato, cálcio e magnésio é ocasionado pelas águas das chuvas que lavam os solos das redondezas do açude. Este processo é evidenciado pelo fato da amostra da desembocadura (A-04) ter concentrações dos íons cálcio quase sempre maiores que a amostra do sangradouro (A-05), pois é nas redondezas da desembocadura que ocorre a maior concentração de moradias das populações ribeirinhas e a presença de materiais utilizados nas construções. O escoamento das águas do açude durante o período chuvoso mantém praticamente constantes as concentrações dos íons sulfato, cálcio e magnésio

A Figura 8 mostra a variação da condutividade elétrica (CE) ao longo do período de coleta. Observa-se que ela apresenta o mesmo padrão de variação das curvas dos íons cloreto (Figura 2), sódio (Figura 3) e potássio (Figura 4) e que, por isso, a CE deve estar intimamente relacionada a variação das concentrações dessas espécies químicas, mas não exclusivamente. Nos meses de estiagem (setembro a dezembro/2003) quando a evaporação das águas do açude é intensa, a CE apresenta os maiores valores, enquanto nos meses de chuvas (janeiro a maio/2004), apresenta valores mais baixos, devido à diluição das águas, ocasionada pelas águas das chuvas que caem durante o período. Isso é confirmado pelo menor valor de CE no mês de março, quando ocorreram as maiores precipitações de todo o período.



**Figura 8** - Variação temporal da condutividade elétrica.

A Figura 9 mostra que as concentrações do íon bicarbonato nos dois pontos de coleta, desembocadura (A-04) e sangradouro (A-05), apresentam uma variação atípica. Nos meses de setembro a dezembro de 2003 ela decresce acentuadamente, passando de aproximadamente 200 a 40 mg/L. Nos meses de novembro e dezembro, ocorrem as menores concentrações do íon bicarbonato, os maiores valores de pH (Figura 10) e as maiores concentrações de íons carbonato (Figura 11).



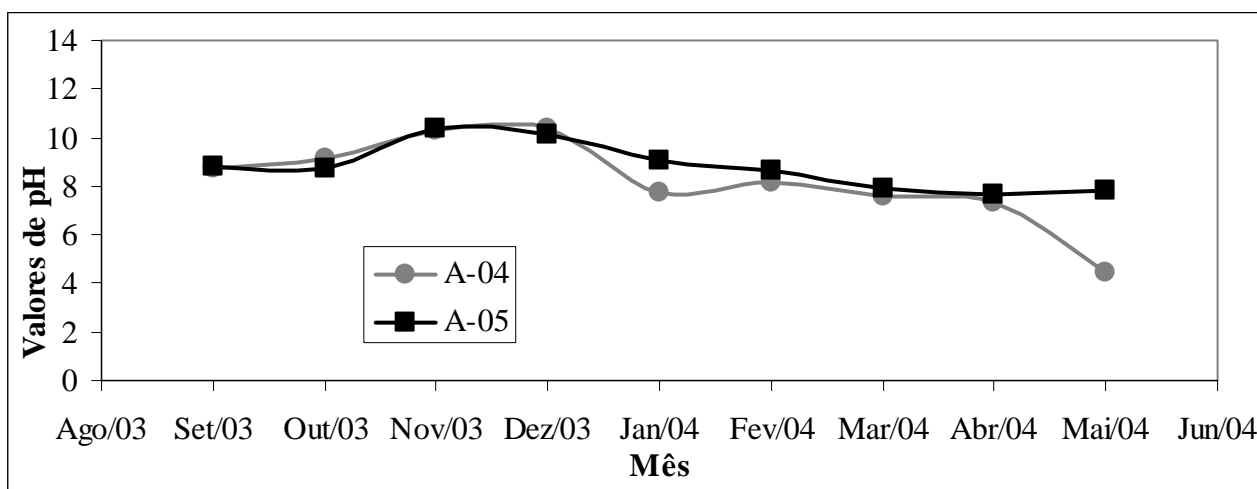
**Figura 9** - Variação temporal da concentração do íon bicarbonato.

As maiores concentrações de  $\text{CO}_3^{2-}$  nesse período podem ser explicadas pela hidrólise dos íons bicarbonato presentes nas águas do açude, representada na equação:



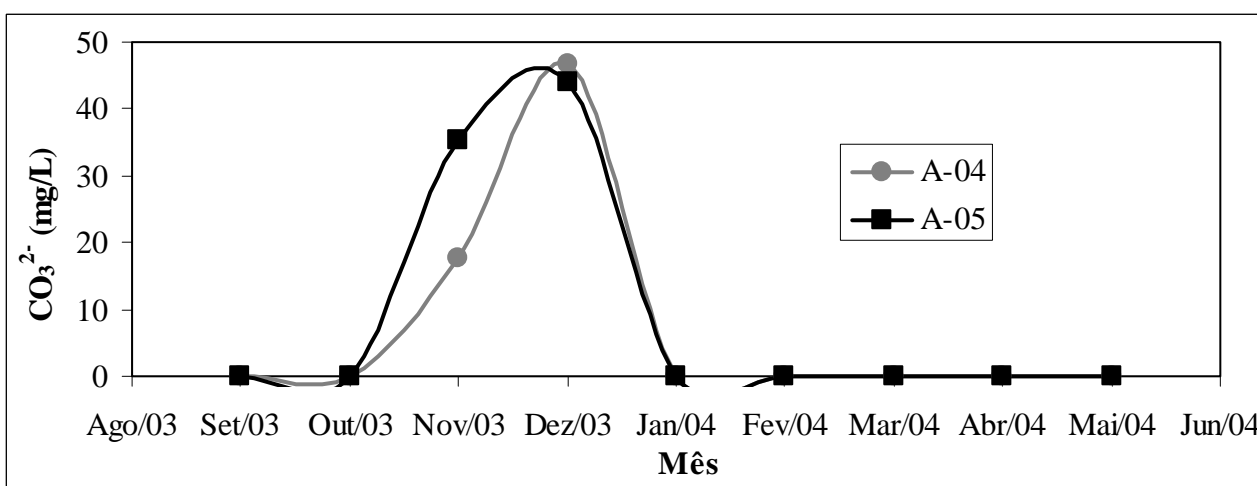
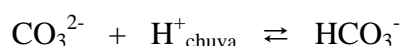


Este processo, que favorece a formação de uma maior quantidade de íons carbonato, pode estar relacionado à temperatura (uma das mais altas do ano), aos elevados valores de pH e a escassez de chuvas.



**Figura 10** - Variação temporal dos valores de pH.

As precipitações no mês de janeiro originaram dois fatores que podem ter sido responsáveis pelo aumento considerável da concentração de íons bicarbonato. O primeiro ocorre com a mistura das águas do açude com as águas das chuvas, as quais têm elevada concentração de íons  $H^+$  (água de chuva tem pH ácido), fazendo com que os íons carbonato se convertessem a bicarbonato, segundo a reação química representada por:

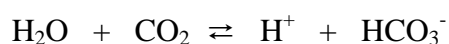


**Figura 11** - Variação temporal da concentração dos íons carbonato.

Isto é confirmado pelo gráfico de pH (Figura 10). Nos meses de janeiro e maio de 2004, os valores de pH na amostra A-04 são menores que na amostra A-05, enquanto que os valores das

concentrações de íons bicarbonato estão invertidos. Este resultado pode ser explicado porque as coletas foram realizadas logo após uma chuva, de modo que não houve tempo suficiente para homogeneização completa da água do açude, e assim, uma maior concentração de íons bicarbonato e de íons hidrogênio estavam presentes na desembocadura, que recebe inicialmente mais água de chuva que o sangradouro.

A segunda contribuição para o aumento da concentração de íons bicarbonato é o carreamento do dióxido de carbono atmosférico pelas águas das chuvas que chegam ao açude, formando íons bicarbonato segundo a reação:



A partir do mês de fevereiro, ocorre uma ligeira diminuição na concentração de íons bicarbonato, de modo que até maio/2004, com a continuação das chuvas, essa concentração torna-se praticamente constante. Esta invariância pode estar relacionada a um fluxo de base que alimenta o açude e ao escoamento perene de suas águas.

## CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostraram que as concentrações dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  nas águas do Açude Santo Anastácio, parecem sofrer influência apenas da intensidade das chuvas e da evaporação. Enquanto as concentrações dos íons  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ , além das chuvas e da evaporação, estão também diretamente relacionadas ao pH.

Já as concentrações dos íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  sofrem influência das chuvas, da evaporação e do tempo de retenção dessas águas. Somando-se a estes estão a ação dos ventos e a atividade dos microrganismos presentes nessas águas (principalmente aqueles que consomem  $\text{SO}_4^{2-}$  produzindo  $\text{S}^{2-}$ ).

Portanto, vários fatores foram identificados como responsáveis pela quantidade e qualidade das espécies químicas presentes nas águas do Açude Santo Anastácio: as chuvas, o processo de evaporação, os ventos, o tempo de retenção e a presença de microrganismos.

No entanto, as quantidades de sais dissolvidos nessas águas sofrem influência direta da ação antrópica, graças aos sulfatos e carbonatos de cálcio e magnésio presentes em materiais usados na construção das residências da população que habita as redondezas do açude, o que é muito mais acentuado nas adjacências à desembocadura do açude.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FUNCAP (Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa) e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. *Hidrologia: Conceitos e Aplicações*, CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000, Fortaleza, p. 81-108.
- [2] FILHO, J. M. Contaminação das Águas Subterrâneas. *Hidrologia: Conceitos e Aplicações*, CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000, Fortaleza, p. 109-132.
- [3] APHA. 1992, *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 18ed. AWWA - WPCP.
- [4] FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos), disponível em: <url <http://www.funceme.br>>. Acesso em: 14 jun. 2004.
- [5] OLIVEIRA, M. A. Eutrofização antrópica: aspectos ecológicos e uma nova abordagem para modelagem da cadeia trófica pelágica em reservatórios tropicais de pequena profundidade. 2001, 227f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.
- [6] HÜTTER, L. A. Wasser und Wasseruntersuchung. Diesterweg Salle/Sauerländer, 2<sup>a</sup> ed., 1984, Frankfurt, p. 44-45.