

Salinização do reservatório Carira: uma avaliação geoquímica usando razões iônicas

Eveline Leal da Silva¹; Adnivia Santos Costa Monteiro² Lucas Cruz Fonseca³; Lúcia Calumby Barreto Macedo⁴ & José do Patrocínio Hora Alves⁵

RESUMO: O reservatório de Carira, localizado na bacia do rio Vaza-Barris, Estado do Sergipe, encontra-se salinizado e sem condições de atender a determinados usos como o abastecimento humano e a agricultura. O objetivo deste trabalho foi identificar, através do Diagrama de Gibbs (1970) e das razões iônicas, os principais processos geoquímicos envolvidos na salinização do reservatório. Foram utilizados dados das amostras coletadas nos períodos seco e chuvoso, em 2013 e 2014. O diagrama de Gibbs apontou que a evaporação é o principal processo que controla a química da água, sendo responsável pela salinização do reservatório. As razões iônicas mostraram que as variações geoquímicas ocorridas durante a progressão da evaporação, levaram a precipitação de calcita e gipsita, ocasionando um enriquecimento em cloreto, sódio e magnésio e reduzindo as concentrações de cálcio, bicarbonato e sulfato.

Palavras-chave: Diagrama de Gibbs, evaporação, hidrogeoquímica.

INTRODUÇÃO

O armazenamento de água tem sido priorizado pela gestão de recursos hídricos como forma de convívio com a escassez hídrica em determinadas regiões. Um dos problemas em zonas semiáridas como o Nordeste do Brasil é a salinização das águas dos reservatórios, devido principalmente à elevada evaporação. A salinização representa um risco ao sistema de água doce, pois pode tornar a água inadequada para o consumo humano e irrigação (MERCHÁN *et al.*, 2015).

Com intuito de investigar as principais causas da salinização em regiões áridas e semiáridas, as fontes primárias de salinização, através dos processos geoquímicos, têm sido de maneira recente e ampla, pesquisado em todo o mundo (MERCHÁN *et al.*, 2015; FONTES *et al.*, 2015; WAHED *et al.*, 2014).

O reservatório Carira tem grande importância para a região do município do mesmo nome, por conta da intermitência dos corpos hídricos lóticos e a baixa pluviosidade da região, inferior a 800 mm anuais. De acordo com Alencar *et al.* (2018), suas águas encontram-se salinizadas e inadequada para alguns de seus usos.

O objetivo desse trabalho foi identificar, com base no diagrama de Gibbs e nas razões iônicas, os principais processos geoquímicos responsáveis pela salinização da água do reservatório Carira, e deste modo contribuir para uma melhor gestão daquele ambiente hídrico.

¹ Mestranda em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, Avenida Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, São Cristóvão, SE, CEP: 49100-000, evelineleal@ifpi.edu.br (apresentador do trabalho);

² Bolsista PNPD do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, adniviacoosta@hotmail.com;

³ Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, Aracaju – SE, lcfonseca93@gmail.com;

⁴ Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, Aracaju – SE, ditec@itps.se.gov.br;

⁵ Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão – SE, jphalves@uol.com.br.

MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório de Carira está inserido na bacia hidrográfica do rio Vaza – Barris (Figura 1) e foi construído pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), entre os anos de 1953 e 1955. Tem capacidade de armazenamento de até 822.000 m³ e abrange uma área de lâmina hidráulica de 17,66 ha, drenando uma área com 5,22 Km². Seus principais usos de projeto eram o consumo humano e a irrigação, que atualmente não estão sendo atendidos devido à salinização e impactos oriundos de despejos urbanos (ALENCAR *et al.*, 2018).

Amostras de água do reservatório foram coletadas e analisadas pelo Laboratório de Química da Água do Instituto Tecnológico e de Pesquisas de Sergipe (ITPS), seguindo os protocolos do *Standard Methods* (APHA, 2012). Compreenderam quatro campanhas de amostragem, realizadas nos períodos seco e chuvoso de 2013 e 2014. Todas as amostras foram coletadas na superfície e no ponto de coordenadas 10° 22' 12" S e 37° 42' 00" O. Os parâmetros analisados foram temperatura, pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e bicarbonato.

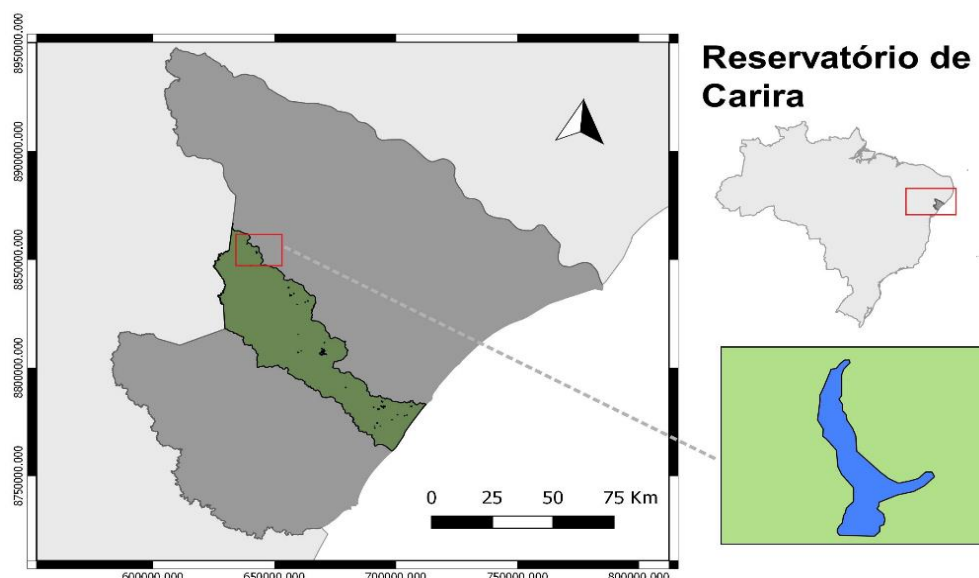


Figura 1. Localização do Reservatório Carira na bacia hidrográfica do rio Vaza – Barris

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos e evidencia que a abundância iônica está distribuída na seguinte ordem: Na⁺ > Mg²⁺ >> Ca²⁺ e Cl⁻ >> HCO₃ > SO₄²⁻.

A salinização pode ser definida, para uso na irrigação, através da medida da condutividade elétrica (CE), em µS cm⁻¹. O reservatório Carira apresentou valores de condutividade acima de 2.250 µS cm⁻¹, sendo considerado com *nível de muito alta salinidade* pelo diagrama de Richards (DELGADO *et al.*, 2010).

Tabela 1. Características químicas da água do reservatório Carira

Parâmetros	2013		2014	
	Jun.	Dez.	Jul.	Nov.
pH	8,3	8,4	8,4	8,3
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	12326	10814	10887	10662
STD (mg L^{-1})	8505	6056	7512	5971
T ($^{\circ}\text{C}$)	25	26	25,4	26
Na ⁺ (mg L^{-1})	1603,9	1114,68	1145,03	1197,22
K ⁺ (mg L^{-1})	23,79	8,53	21,85	22,3
Ca ²⁺ (mg L^{-1})	283,78	103,72	370,9	315,63
Mg ²⁺ (mg L^{-1})	423,46	295,59	468,4	379
SO ₄ ²⁻ (mg L^{-1})	147,29	78,79	186,57	207,08
Cl ⁻ (mg L^{-1})	3820,88	3218,51	3350	3217
HCO ₃ ⁻ (mg L^{-1})	228,3	182,4	198,9	202,4

Para a identificação dos mecanismos responsáveis pelas características inorgânicas da água, é utilizado em todo o mundo o diagrama de Gibbs (1970), que apresenta três campos distintos, associados ao domínio da precipitação atmosférica, do intemperismo e da evaporação. As amostras da água do reservatório Carira ficaram totalmente inseridas na área do gráfico controlado pelo processo de evaporação-cristalização (Figura 2). Isso significa que a composição química da água do reservatório Carira evoluiu geoquimicamente como resultado de sucessivas evaporações. A água se apresentou enriquecida de Na⁺ em relação ao Ca²⁺, caracterizada por uma alta relação Na/(Na + Ca) e altas concentrações de STD. A concentração dos sais dissolvidos foi promovida pela retirada de água pura, como consequência da evaporação.

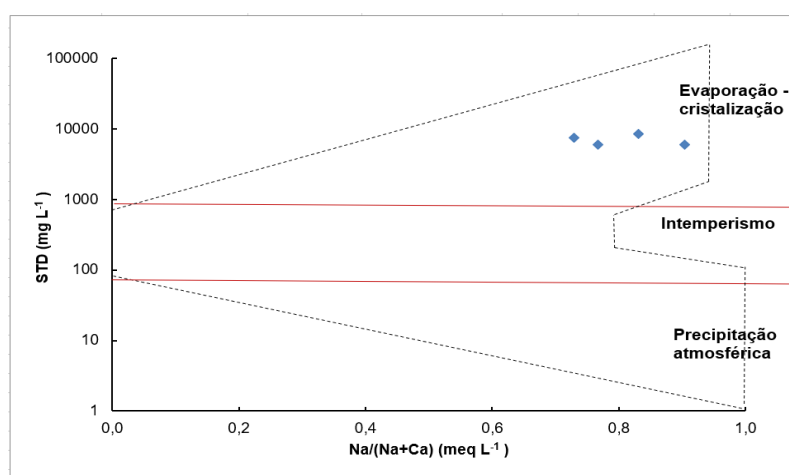


Figura 2. Diagrama de Gibbs para as amostras de água do reservatório de Carira

As razões iônicas são utilizadas para elucidar os processos químicos que afetam a química da água e para entender a evolução geoquímica desses processos (EL-SAYED, 2018). Vários estudos em águas superficiais (MERCHÁN, 2015; WAHED, 2014) e subterrâneas (EL-SAYED, 2018) utilizaram essa metodologia.

Na Figura 3 são apresentadas as concentrações do íon sódio versus cloreto. A linha 1:1 indica a dissolução do mineral halita (NaCl). Os valores de Na^+ das amostras se situaram abaixo dessa linha de dissolução, indicando a redução das concentrações do Na^+ com o aumento das concentrações do Cl^- , ou seja, uma parte do Na^+ foi removido da água com a evolução da evaporação. De acordo com Drever (1997), o Na^+ pode ser removido da água precipitando como $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3$.

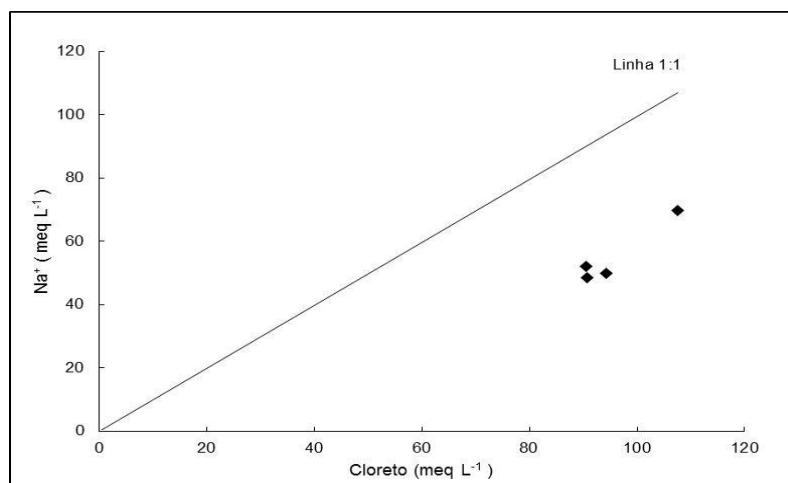


Figura 3. Distribuição das concentrações de Na^+ em função do Cl^-

As concentrações de Mg^{2+} , superiores as de Ca^{2+} , apresentadas na Figura 4(a), indicam que a precipitação da calcita ocorreu de forma predominante sobre a precipitação da dolomita, devido a baixa cinética desta última (ALENCAR *et al.* 2018). A remoção de Ca^{2+} da água durante a precipitação de calcita resulta em uma razão crescente de $\text{Mg}:\text{Ca}$ (WAHED *et al.*, 2014).

A Figura 4(b) mostra que com a evolução da evaporação (aumento da concentração de Cl^-), ocorreu uma significativa redução das concentrações de HCO_3^- e SO_4^{2-} , devido a precipitação de espécies carbonáticas como a calcita (CaCO_3) e a gipsita (CaSO_4) (WAHED *et al.*, 2014).

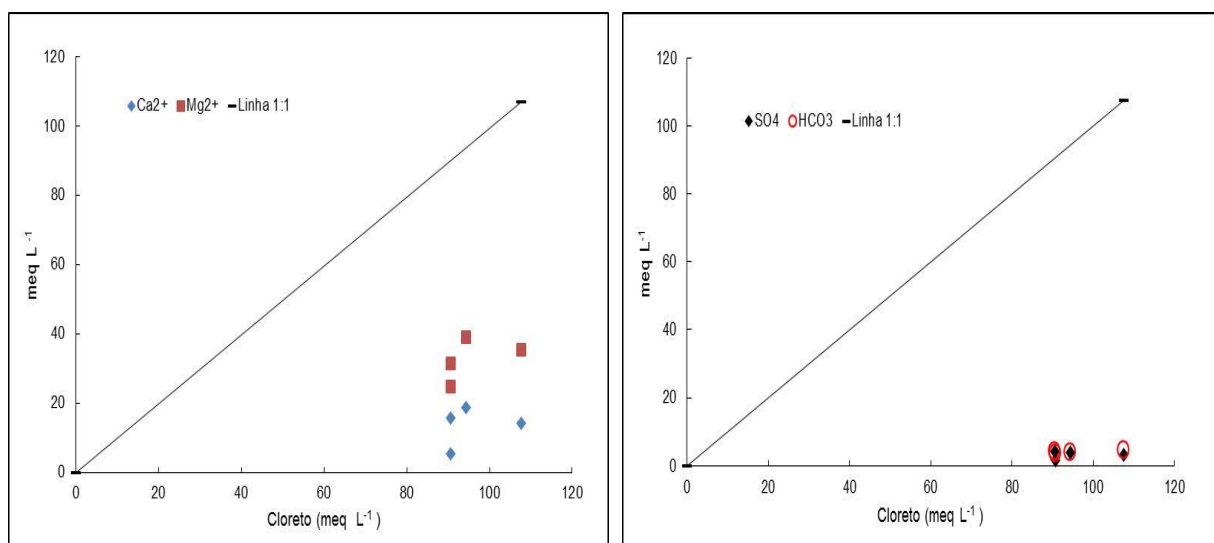


Figura 4. Distribuição das concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} (a) e HCO_3^- e SO_4^{2-} (b) em função do Cl^-

CONCLUSÕES

1. A evaporação/cristalização é o principal mecanismo que controla a química da água no reservatório Carira;
2. Através das razões iônicas foi identificado que as variações geoquímicas ocorridas durante a evaporação, estão associadas à precipitação dos minerais calcita e gipsita, com remoção parcial do sódio pela precipitação do carbonato – bicarbonato de sódio;
3. O processo de salinização levou a água do reservatório Carira à atingir uma composição iônica rica em cloreto, sódio e magnésio e com baixas concentrações de cálcio, bicarbonato e sulfato.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Monitoramento da Qualidade da Água das Bacias Hidrográficas do Estado de Sergipe (PMQA), ITPS-SEMARH.

Ao CNPq: Esse trabalho é parte do projeto “Hidrogeoquímica dos processos que controlam a salinização dos reservatórios de Sergipe”, aprovado na Chamada Universal 2018, e conta com financiamento do CNPq.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, 2012. standard methods for examination of water and wastewater, 17th ed. american public health association, Washington, DC.

ALENCAR, N. R. O.; LIMA, M. H. R.; SILVA, E. L.; MONTEIRO, A. S. C.; ALVES, J. P. H.. Processos Hidrogeoquímicos envolvidos na salinização de reservatórios do Estado de Sergipe, Nordeste do Brasil. *In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, 14., Maceió, 2018. Anais. Porto Alegre, ABRHidro, 2018. 8 p.

DELGADO, C.; PACHECO, J.; CABRERA, A.; BATLLORI, E.; ORELLANA, R.; BAUTISTA, F. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatán, Mexico. *Agric. W. Man.*, 97 (10): 1423-1433, 2010.

DREVER, J.I. *The Geochemistry of Natural Waters: surface and groundwater environments*. Prentice Hall 3ed., New Jersey, 1997. 436 p.

EL-SAYED, S. A. Study of Groundwater in Northeast Cairo Area, Egypt. *J. of Geo. and Env. Prot.*, 6: 229-251, 2018.

FONTES, A. S.; ZUCCHI, M. R.; MEDEIROS, Y. D. P.; AZEVEDO, A. E. G. Avaliação dos fatores intervenientes no processo de salinização em reservatórios superficiais do semiárido brasileiro. *R. Bras. de Rec. Híd.*, 20(3): 708-721, 2015.

GIBBS, R.J. Mechanisms Controlling World Water Chemistry. *Sc.*, New Series, 170(3962): 1088-1090, 1970.

MERCHÁN, D.; AUQUÉ, L. F.; ACERO, P.; GIMENO, M. J.; CAUSAPÉ, J. Geochemical processes controlling water salinization in an irrigated basin in Spain: Identification of natural and anthropogenic influence. *Sc. Of The T. Env.*, Zaragoza, 502:330-343, 2015.

WAHED, M. S. M. A.; MOHAMED, E. A.; EL-SAYED, M. I.; M'NIF, A.; SILLANPÄÄ, M. Geochemical modeling of evaporation process in Lake Qarun, Egypt. *J. of Af. E. Sc.*, 97:322-330, 2014.