

3 – RECURSOS MINERAIS DA ÁGUA DO MAR *MINERAL RESOURCES FROM THE SEA WATER*

Lauro Júlio Calliari

Laboratório de Oceanografia Geológica

Universidade Federal do Rio Grande - FURG

Resumo

A água do mar contém grandes quantidades de minerais valiosos, alguns dos quais são muito escassos e caros em sua forma terrestre. A maioria dos minerais que desejamos ocorre em combinação com outras substâncias, neste caso como soluções na água do mar. Esta situação é o maior problema em nosso aproveitamento de água do mar como riqueza mineral. Os minerais são tão disseminados que a maioria não atende à definição normalmente aceita de minério - um elemento mineral ou composto de elementos de valor suficiente em quantidade e qualidade que possa ser extraído com lucro. Devido aos problemas recentes associados às indústrias de mineração terrestre, como resultado do esgotamento de minérios de alto teor, demanda sustentável de água e energia e questões ambientais, a mineração de água do mar está se tornando uma opção atraente. No entanto, alguns minerais que apresentam altas concentrações são extraídos atualmente. Este capítulo apresenta uma síntese dos processos de extração do sal comum, do magnésio, do bromo e por fim, do recurso mineral que poderá ser num futuro próximo o bem mais valioso do oceano: a água potável.

Palavras-chave: extração de sal e magnésio, dessalinização, água doce.

Abstract

Seawater contains large amounts of valuable minerals, some of which are very scarce and expensive in their terrestrial form. Most of the minerals we want occur in combination with other substances, in this case as solutions in seawater. This situation is the major problem in our use of sea water as mineral wealth. Minerals are so disseminated that most do not meet the commonly accepted definition of ore - a mineral element or compound of elements of sufficient value in quantity and quality that it can be extracted profitably. Due to the recent problems associated with the onshore mining industries, as a result of the depletion of high-grade ores, sustainable demand for water and energy, and environmental issues, seawater mining is becoming an attractive option. However, some minerals that have high concentrations are currently extracted. This chapter presents a synthesis of the processes of extraction of common salt, magnesium, bromine and finally, the mineral resource that may in the near future be the ocean's most valuable asset: fresh water.

Keywords: salt and magnesium extraction, desalination, fresh water.

Referências Bibliográficas

- ANDREWS, A. P. 1980. Salt Making, Merchants and Markets; The role of a critical resource in the development of Maya civilization. PhD Thesis. University of Arizona. 366 p.
- ABDULSALAM, A.; IDRIS, A.; MOHAMED, T. A.; AHAN, A. 2017. An integrated technique using solar and evaporation ponds for effective brine disposal management. *International Journal of Sustainable Energy (Int. J. Sustain. Energy)*, 36(9): 914-925, DOI: [10.1080/14786451.2015.1135923](https://doi.org/10.1080/14786451.2015.1135923)
- PEÑATE, B.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, L. 2012. Current trends and future prospects in the design of seawater reverse osmosis desalination technology. *Desalination*, 284: 1–8. DOI: [10.1016/j.desal.2011.09.010](https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.010).
- BARDI, U. 2010. Extracting Minerals from Seawater: An Energy Analysis. *Sustainability* 2010, 2(4): 980–992. DOI: [10.3390/su2040980](https://doi.org/10.3390/su2040980).
- BORDIGNON. 2016. Dessalinização da água do mar como alternativa para obtenção de água potável. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. 39p.
- CALLIARI, L. J.; CASTELLO, X. 2015. Recursos Marinhos não-vivos. *In*: CASTELLO, J.P. e KRUG, L.C. (Orgs.). *Introdução às Ciências do Mar*. Pelotas, RS, Editora Textos. cap. 15. 446–499.
- CAMPOS, B. L.; FRAGA, M. M. C.; COSTA, A. O. S.; COSTA JUNIOR, E. F. 2019. Análise do processo de dessalinização solar com ênfase no método de umidificação e desumidificação. *Eng. Sanit. Ambient.*, 24(5): 861–873. DOI: [10.1590/S1413-41522019177407](https://doi.org/10.1590/S1413-41522019177407).
- CPRM. 2018. Relatório Preliminar: Ilha de Matarandiba/Bahia. Programa Geologia do Brasil. Levantamentos Geológicos Básicos. Salvador. 23p.
- DIALLO, M. S.; KOTTE, M. R.; CHO, M. 2015. Mining Critical Metals and Elements from Seawater: Opportunities and Challenges. *Environ. Sci. Technol.*, 49(16): 9390–9399. DOI: [10.1021/acs.est.5b00463](https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00463).
- EARNEY, F. C. F. 1990. Marine mineral resources. *Ocean Management and Policy Series*. Routledge, 387 p.
- EL-GHONEMY, A. M. K. 2018. Performance test of a sea water multi-stage flash distillation plant: Case study. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4): 2401–2413. DOI: [10.1016/j.aej.2017.08.019](https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.08.019).
- FREITAS, T. D. N. 2011. Produção de água a bordo de Navios e Plataformas. Trabalho de Conclusão de curso de Graduação em Tecnologia em Construção Naval. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste. 38p.
- FRÓES DE ABREU, S. 1965. Recursos Minerais do Brasil. 2a ed. Biblioteca Geográfica Brasileira, IGGE-Conselho Nacional de Geografia. 505p.
- GHAFFOUR, N.; MISSIMER, T. M.; AMY, G L. 2013. Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability. *Desalination*, 309: 197–207. DOI: [10.1016/j.desal.2012.10.015](https://doi.org/10.1016/j.desal.2012.10.015).
- GARCÍA-RODRÍGUEZ, L. 2003. Renewable energy applications in desalination: state of the art. *Solar Energy*, 75(5): 381–393. DOI: [10.1016/j.solener.2003.08.005](https://doi.org/10.1016/j.solener.2003.08.005).
- GREENLEE, L. F.; LAWLER, D. F.; FREEMANA, B. D.; MARROT, B. 2009. Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. *Water Research*, 43(9): 2317–2348. DOI: [10.1016/j.watres.2009.03.010](https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.03.010)

- GUERREIRO, M. L. F. B. 2008 Dessalinização para produção de água potável: Perspectivas para Portugal. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto/Portugal. 62p.
- KIM, J.; TSOURIS, C.; MAYES, R.T.; OYOLA, Y.; SAITO, T.; JANKE, C. J.; DAI S.; SCHNEIDER, E.; SACHDE, D. 2013. Recovery of Uranium from Seawater: A Review of Current Status and Future Research Needs. *Separation Science and Technology*, 48(3): 367–387. DOI: [10.1080/01496395.2012.712599](https://doi.org/10.1080/01496395.2012.712599).
- LOGANATHAN, P.; NAIDU, G.; VIGNESWARAN, S. 2017. Mining valuable minerals from seawater: a critical review. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.*, 2017(3): 37–53. DOI: [10.1039/C6EW00268D](https://doi.org/10.1039/C6EW00268D).
- MENSAH, B.; BAYITSE, R. 2006. Solar salt technology in Ghana – a case study of small scale salt winning process. *Ghana J. Sci.*, 46: 99–109.
- MERO, J. L. 1965. *The mineral resources of the sea*. Elsevier, Amsterdam 312p.
- MOREIRA, T. M.; BEZERRA, S. R. A., 2016. Dessalinização: um recurso para o enfrentamento da escassez hídrica. *In: 10º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*. ABES-RS. 19 a 21 de outubro de 2016, Porto Alegre.
- NATASHA, N. C.; FIRDIYONO, F.; SLISTIYONO, E. 2017. Impurities Removal in Seawater to Optimize the Magnesium Extraction. *In: IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. Surakarta, Indonesia*. 176, 012039. DOI: [10.1088/1757-899X/176/1/012039](https://doi.org/10.1088/1757-899X/176/1/012039).
- PETERSEN, U. 1994. Mining the hydrosphere. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 58(10): 2387–2403. DOI: [10.1016/0016-7037\(94\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(94)90017-5).
- PILSON, M. E. Q. 1998. Chemical Extraction of Useful Substances from the Sea. *In: An Introduction to the Chemistry of the Sea*. Prentice Hall. p. 341–350.
- REID, J. 1976. *Salt for New Zealand*. Dominion Salt Limited, Pegasus Press, Christchurch, 47 p.
- ROBINSON, H. A.; FRIEDRICH, R. E.; SPENCER, R. S. 1946. UNITED STATES PATENT OFFICE-2,405,055 1946. Magnesium hydroxide from sea water. Application June 30, 1943, Serial No. 492,860 Midland, Michigan. 8p.
- SILVEIRA, A. P. P.; NUVOLARI, A.; DEGASPERI, F. T.; FIRSOFF, W. 2015. *Dessalinização de águas*. Oficina de Textos. São Paulo. 288p.
- STEWART, L. C. 1934. Commercial Extraction of Bromine from Sea Water. *Industrial and Engineering Chemistry*, 26(4): 361–369. DOI: [10.1021/ie50292a002](https://doi.org/10.1021/ie50292a002).
- UNEP-IETC. 1998. *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean*. 247p.
- WORLD BANK. 2019. *The Role of Desalination in an Increasingly Water-Scarce World*. World Bank, Washington, DC. 97p.
- WISNIAK, J. 2002. The history of bromine from discover to commodity. *Indian Journal of Chemical Technology*, 9: 263–271.
- YANG, S.; ZHANG, F.; DING, H.; HE, P.; ZHOU, H. 2018. Lithium Metal Extraction from Seawater. *Joule*, 2: 1648–1651. DOI: [10.1016/j.joule.2018.07.006](https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.07.006).
- ZAHEDI, M. M.; GHASEMI, S. M. 2017. Separation study of Mg⁺² from seawater and RO brine through a facilitated bulk liquid membrane transport using 18-Crown-6. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 7(4): 468–475. DOI: [10.2166/wrd.2016.103](https://doi.org/10.2166/wrd.2016.103).

Sobre o Autor

Lauro Júlio Calliari

Oceanólogo pela Universidade Federal de Rio Grande (FURG), mestre pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e PhD em Ciências Marinhas pelo Virginia Institute of Marine Science (VIMS/EUA). Professor titular e colaborador do curso de pós-graduação em Oceanologia do Instituto de Oceanografia da FURG (IO-FURG). Representante da FURG junto ao Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM).

E-mail: calliarilauro@gmail.com

ORCID: [0000-0002-5503-8300](https://orcid.org/0000-0002-5503-8300)