

## **INFLUÊNCIA DE MACROASPECTOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE SAL MARINHO NO LITORAL SEMIÁRIDO DO BRASIL**

*Diógenes Félix da Silva Costa<sup>1</sup>, Dayane Raquel da Cruz Guedes<sup>2</sup>, Renato de Medeiros Rocha<sup>3</sup>, José Etham de Lucena Barbosa<sup>4</sup>, Amadeu M.V.M. Soares<sup>5</sup>, Ana Isabel Lillebo<sup>6</sup>*

<sup>1</sup> Professor Adjunto, Doutor em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – email: [diogenesgeo@gmail.com](mailto:diogenesgeo@gmail.com)

<sup>2</sup> Graduanda em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – email: [dayane.labesa@yahoo.com.br](mailto:dayane.labesa@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Professor Associado II, Doutor em Biotecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – email: [renatocaico@yahoo.com.br](mailto:renatocaico@yahoo.com.br)

<sup>4</sup> Professor Associado I, Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) – email: [ethambarbosa@hotmail.com](mailto:ethambarbosa@hotmail.com)

<sup>5</sup> Professor Catedrático, Doutor em Zoologia, Universidade de Aveiro (Portugal) – email: [asoares@ua.pt](mailto:asoares@ua.pt)

<sup>6</sup> Pesquisadora Auxiliar, Doutora em Biologia, Universidade de Aveiro (Portugal) – email: [lillebo@ua.pt](mailto:lillebo@ua.pt)

*Artigo recebido em 14/01/2013 e aceito em 09/10/2014*

### **RESUMO**

As salinas têm sido utilizadas pelo homem há milênios, sendo compostas por uma série de tanques rasos e interconectados, nos quais a água do mar/estuário é captada e transferida de um tanque para outro por gravidade ou por bombeamento, onde a produção do sal se dá a partir da saturação e precipitação progressiva dos sais por evaporação solar. Assim, ao longo da linha de costa brasileira (aproximadamente 9.198 km), apenas no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte estão situadas as maiores empresas salineiras do país, principalmente nas margens dos estuários, estas salinas produzem 97% do sal marinho consumido e exportado no país. Todavia, embora a atividade salineira represente um item estratégico na pauta mineral-industrial do país, evidencia-se a necessidade de se destacar quais os macroaspectos geográficos/ambientais que influenciaram na atual configuração dos parques salineiros do Rio Grande do Norte. Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo central analisar a influência dos principais macroaspectos ambientais (geomorfologia, solos e clima) no processo de produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil. Tais elementos estão denominados como macroaspectos em função da ampla abrangência do território e até mesmo de subfatores a eles relacionados, porém determinados apenas em uma escala local. Verificou-se a necessidade em se analisar primeiramente o relevo como elemento de suporte para a construção das salinas nas zonas de supramarés em planícies flúviomarinhas. Porém, aos aspectos geomorfológicos, agregam-se informações sobre as características pedológicas (Gleissolo sálico) e climáticas (semiárido) que, dessa forma, propiciam uma compreensão da conjuntura e sinergismo de fatores que proporcionam a elevada produção de sal marinho na área analisada. Dessa maneira, conclui-se que os macroaspectos ambientais analisados influenciam diretamente no processo de produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil, os quais são em parte responsáveis pela sua hegemonia no cenário nacional de produção.

**Palavras-chave:** semiárido, Geografia Física, extração mineral, salinas solares.

## INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL MACROASPECTS IN THE SEA SALT PRODUCTION IN THE SEMIARID COAST OF BRAZIL

### ABSTRACT

Solar saltworks have been regulated by human activity for millennia, and structurally, they comprise a series of interconnected shallow hypersaline ponds, in which the seawater is pumped or fed by gravity to the next pond, where salt production occurs from saturation and precipitation of the salts by solar evaporation. Thus, along the Brazilian coast (approximately 9,198 km) line, just on the northern coast of the State of Rio Grande do Norte are located the largest solar saltworks companies in the country, particularly at the margins of estuaries, producing 97% of sea salt consumed and exports in the country. Although the activity is a strategic item on the agenda of the mineral-industrial of this country, it is evidenced the need to determine which geographic/environmental macro aspects have influenced the current setup of saltworks in the Rio Grande do Norte state. The present research aimed to analyze the influence of major environmental macro aspects (e.g. geomorphology, soil and climate) on the process of marine salt production in the semi-arid coast of Brazil. It was verified the need to primarily examine the relief as a support element to construct saltworks in high tidal zones in estuarine floodplain. To the geomorphological aspects are added information on soil and climate (semi-arid) characteristics, which in this way promote an understanding of the situation and synergism of factors that provide the high production of marine salt. Thus, the environmental macro aspects investigated had direct influence on the process of marine salt production on the semi-arid coast of Brazil, which are partially responsible for the hegemony in the national scenario.

**Keywords:** semiarid, Physical Geography, mineral extraction, solar

### INTRODUÇÃO

As salinas têm sido utilizadas pelo homem há milênios, onde as primeiras referências sobre a extração de sal a partir da água do mar foram da China, durante a dinastia do Imperador Huang, há 2.500 a.C. O procedimento usado era o mesmo utilizado nas salinas tradicionais de algumas partes da África, América do Sul e Oceania, consistindo em represar a água do mar em diques de argila e aguardar a precipitação de sal, com uma predominância de NaCl e alto conteúdo de sais de cálcio, magnésio, etc. (BAAS-BECKING, 1931). Atualmente, as salinas solares brasileiras constituem ecossistemas artificiais de supramaré explorados para a extração de sal marinho. Este sistema é composto por uma série de tanques rasos (20 – 200 cm) e interconectados, nos quais a água do mar/estuário é captada e transferida de um tanque para outro por gravidade ou por bombeamento. Ao longo desse circuito, esta água vai evaporando gradativamente, o que aumenta a saturação de sais até se atingir uma salmoura com saturação de 240 g.L<sup>-1</sup> de sais, já no estágio final de cristalização do cloreto de sódio<sup>1</sup> (DE MEDEIROS ROCHA, 2011).

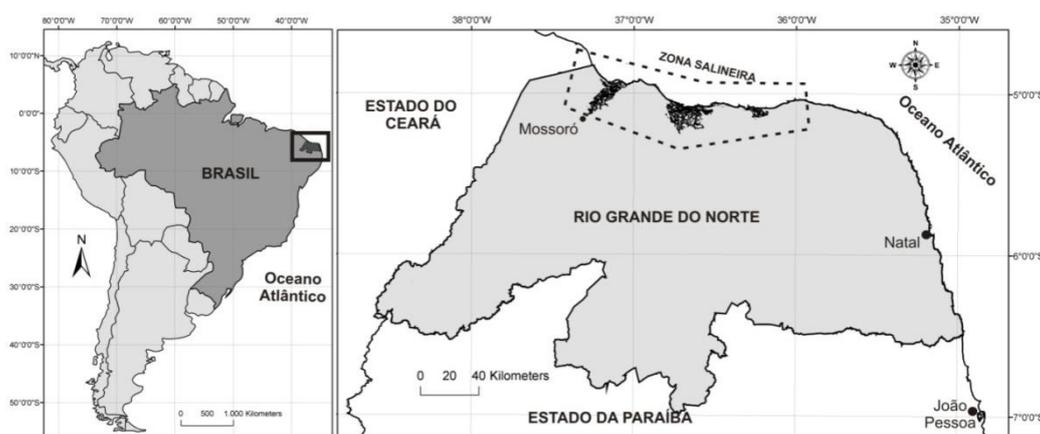
Estes ambientes têm sido estudados intensivamente ao longo do globo, com ênfase na Austrália, França, Grécia, Índia, Itália, Israel, México, Espanha e outros países (OREN, 2009). Todavia, as salinas brasileiras são muito pouco estudadas, até mesmo em nível de dinâmica dos processos ecológicos, assim como as características hidrogeoquímicas das salmouras ainda não

---

<sup>1</sup> Teor de salinidade da salmoura para processo final de cristalização do cloreto de sódio.

foram suficientemente caracterizadas (DE MEDEIROS ROCHA e CÂMARA, 1993; BARBOSA et al., 2000; COSTA et al., 2010; DE MEDEIROS ROCHA, 2011; DE MEDEIROS ROCHA et al., 2012). Ao longo da linha de costa brasileira (aproximadamente 8.698 Km de extensão - Muehe, 2005), apenas no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (244 km de extensão – Vital, 2005) estão situadas as maiores empresas salineiras do país (Mapa 01), principalmente nas margens dos seus estuários (COSTA et al., 2010).

Mapa 01- Localização da atual zona salineira no Estado do Rio Grande do Norte



Fonte – Elaborado pelos autores.

Estas salinas produzem 97% do sal marinho consumido e exportado pelo Brasil, influenciando diretamente nas economias locais e regionais, principalmente através da geração de empregos e pagamento de impostos (DE MEDEIROS ROCHA et al., 2009, 2012). Todavia, embora a atividade salineira represente um item estratégico na pauta mineral-industrial do país, evidencia-se a necessidade de se destacar quais os macroaspectos geográficos/ambientais responsáveis por essa hegemonia das salinas e permitiram a atual configuração dos parques salineiros do Rio Grande do Norte.

Por outro lado, esses corpos d'água ainda funcionam como complexos de ecossistemas artificiais, principalmente no que concerne a sua estrutura, funcionamento e evolução (DE MEDEIROS ROCHA et al., 2012; KOROVESSIS; LEKAS, 2009; OREN, 2009). Assim, sob a perspectiva da funcionalidade integrativa entre as características do ecossistema das salinas e do sistema econômico no qual ela está inserida, a análise dos aspectos determinantes na produção tornou-se de fundamental importância para se entender a dinâmica de uso e ocupação do litoral semiárido brasileiro.

Nesse trecho litorâneo, as salinas surgiram como uma das unidades mais presentes na paisagem encontrada nas margens dos estuários (COSTA et al., 2012; COSTA, 2010; AMARO et al., 2005; FERREIRA et al., 2005; MELO et al., 2005), onde o seu funcionamento está expressamente relacionado com a variável espacial (COSTA, 2010; KOROVISSIS; LEKAS, 2009). Portanto, as salinas representam um componente paisagístico predominante nessas regiões estuarinas, evidenciando-se a combinação de elementos que propiciam a auto-organização da paisagem ao longo da zona costeira.

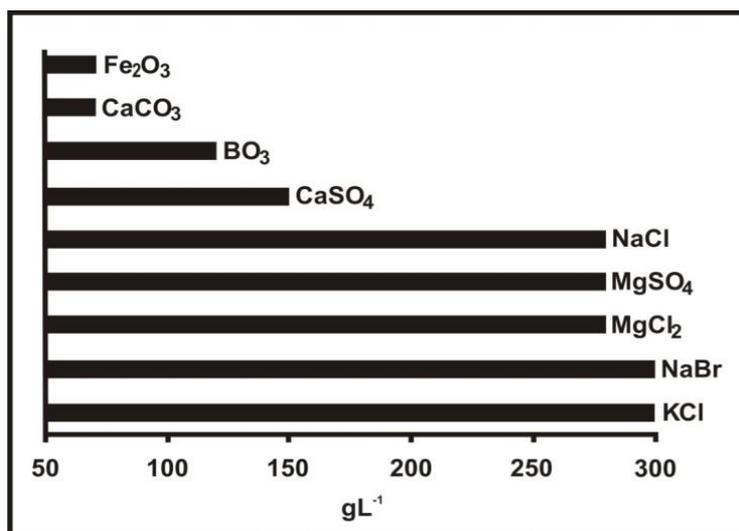
Dessa maneira, o presente trabalho analisa os principais macroaspectos ambientais (geomorfologia, tipo de solo e clima) que influenciam diretamente no processo de produção de sal marinho no litoral semiárido do Brasil, os quais são em parte responsáveis pela sua hegemonia no cenário nacional de produção. Tais elementos estão denominados como macroaspectos em função da sua ampla abrangência no território e até mesmo dos subfatores a eles relacionados, porém determinados apenas em uma escala local (CHRISTOFOLETTI, 1999). Ainda em relação à esses macroaspectos na ótica deste trabalho, salienta-se a necessidade em se analisar primeiramente o relevo como elemento de suporte para a construção das salinas, porém às informações geomorfológicas agregam-se as características pedológicas e climáticas que, dessa forma, propiciam uma compreensão da conjuntura e sinergismo de fatores que proporcionam a elevada produção de sal marinho na área analisada.

## **LITORAL SEMIÁRIDO E AS ZONAS SALINEIRAS**

### **Geomorfologia**

Alguns dos primeiros estudos sobre as planícies hipersalinas se deram com a descoberta de faciologias evaporíticas costeiras na Costa Trucial do Golfo da Pérsia (CURTIS et al., 1963), atual território dos Emirados Árabes Unidos. Por definição, evaporito é todo depósito constituído por rocha sedimentar química que se formou por precipitação na água, em função da evaporação em ambiente salino. Nesses sistemas, os sais dissolvidos precipitam-se em uma ordem definida e fracionada (Imagem 01), os menos solúveis primeiro, onde a gipsita (sulfato de cálcio hidratado -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é o primeiro a se precipitar em grandes quantidades, seguindo-se da anidrita (sulfato de cálcio -  $\text{CaSO}_4$ ) e da halita (cloreto de sódio -  $\text{NaCl}$ ), entre outros minerais (COPELAND, 1967; OREN, 2002).

Imagem 01 - Ordem de precipitação em meio evaporítico dos principais sais minerais encontrados na água do mar



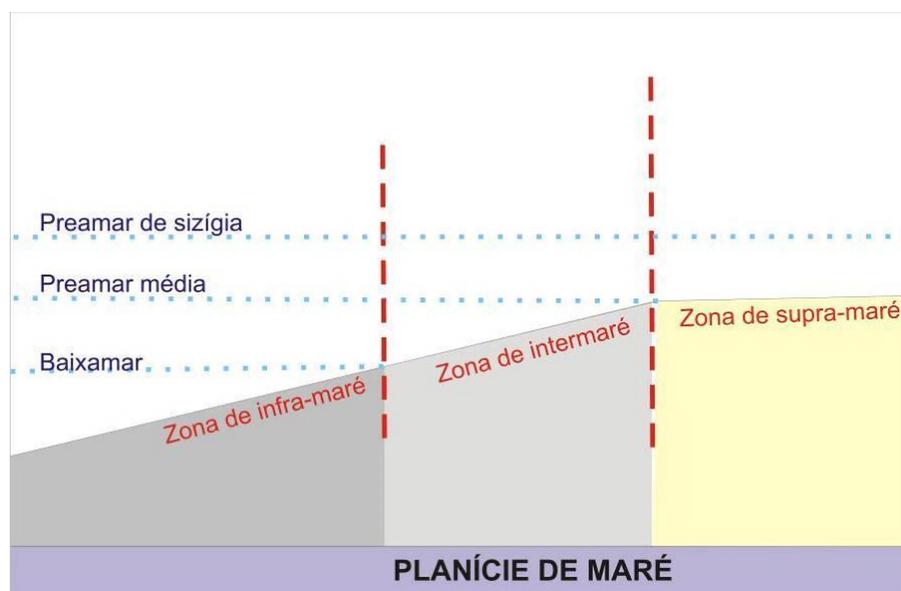
Fonte – Retirado de Copeland (1967).

Essas planícies são zonas de supramaré essencialmente de baixo aporte de sedimentos clásticos, com altas taxas de evaporação e formação natural de crostas de sais (evaporitos/rochas sedimentares químicas), sendo denominadas primeiramente pelos árabes como "*sabkhas*" (*salt flats* em inglês) (KENDALL, 1984; KENDALL; HARWOOD, 1996). Tais ambientes estão propensos à inundações periódicas e deposição evaporítica, dominada por carbonatos, halitas e/ou sulfatos, podendo ocorrer em zonas interiores ou costeiras. São comuns em áreas costeiras de regiões áridas com topografia plana, desenvolvendo-se em resposta a duas condições ambientais: a deflação de sedimentos de superfície, acumulação de sedimentos em uma lagoa/depressão, ou por uma combinação de ambos processos (EVANS, 1970; AL FARRAJ, 2005).

Nestas áreas, a cota topográfica é mais elevada em relação às áreas de infra e meso maré onde os manguezais são encontrados (Imagem 02), sendo superfícies planas suavemente inclinadas, com altitude de 0 a 2 metros em relação ao nível das águas estuarinas, inundadas apenas em períodos de cheias anuais (descarga fluvial) e nas marés de sizígia. Às margens dos leitos atuais e/ou no interior em forma de ilhas, sua origem está relacionada com o assoreamento (natural) das áreas de intermarés, atualmente sujeitas à dinâmica flúviomarinha, transbordamentos dos canais durante as cheias e as grandes marés, sendo constituída principalmente por depósitos aluviais de sedimentos argilo-arenosos não consolidados (SUGUIU, 1973; AMARO, 2004). Apenas a vegetação herbácea halófito (campo salino -

IBGE, 1992) é identificada nestas áreas (COSTA, 2010), uma vez que a vegetação de mangue não suporta o elevado teor de sais do solo (DUKE et al., 1998; LOVELOCK et al., 2009; COSTA, 2010; COSTA et al., 2012).

Imagem 02 – Perfil das diferentes zonas identificadas nas planícies de maré



Fonte – Elaborado pelos autores a partir dos descritos em Suguu (1973).

## Solo

Desde a publicação de Curtis et al. (1963), a Costa Trucial (Emirados Árabes Unidos), a Península de Qatar e a Baja Califórnia tornaram-se áreas clássicas para o estudo da formação de evaporitos em planícies hipersalinas. Essas zonas assumiram um relevante interesse econômico em virtude dessa associação de fácies sedimentares tais como esteiras algálicas formadas na região intermaré, nódulos e estruturas enterolíticas de sulfato de cálcio, tanto gipsita como anidrita, além dos cubos de halita característico da zona de supramaré, sendo todas evidências para a identificação de um ambiente do tipo “*sabkha*” (SILVA et al., 2000), além de serem importantes para o início da formação do petróleo (AL FARRAJ, 2005).

No Brasil, esses ambientes foram descritos apenas no litoral do estado de Sergipe e Rio de Janeiro (KJERFVE et al., 1996; SILVA et al., 2000), porém ocorrem em grandes áreas dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, conforme atestam algumas pesquisas sobre solos hipersalinos (Gleissolo sálico –EMBRAPA, 1999/Solonchaks – FAO, 2006) nestes estados (e.g. MOREIRA et al., 1989; MENDES et al., 2008; COSTA, 2010; COSTA et al., 2012) (Foto 01). Estas áreas assumiram importância especial desde a colonização do Brasil, sendo ocupadas para construção de salinas solares (VITA et al., 2007; COSTA et al., 2012), principalmente em

virtude das características específicas desse tipo de solo, como alta salinidade e impermeabilidade (KENDALL; HARWOOD, 1996; GUO et al., 2006).

Foto 01: Típicos ambientes evaporíticos costeiros em planícies hipersalinas (Município de Porto do Mangue-RN) (2013).

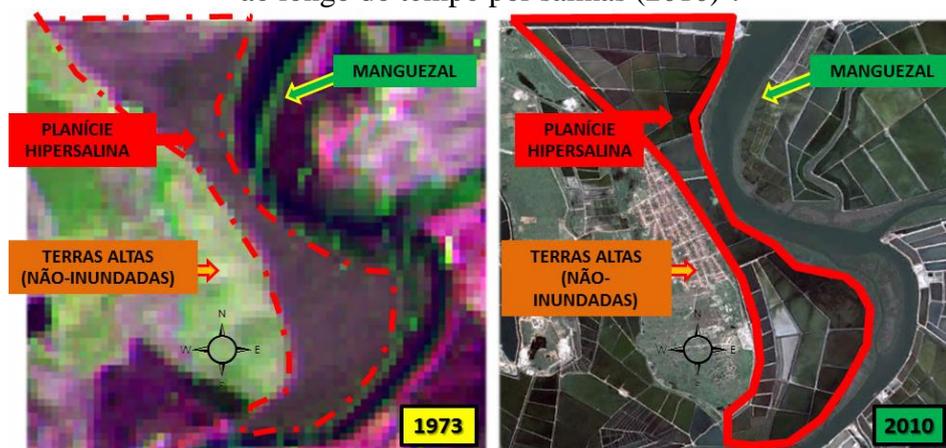


Fonte – Acervo dos autores.

De acordo com as referências históricas (e.g. VITA et al., 2007; SANTOS, 2010; COSTA et al., 2012), verifica-se que os primeiros relatos da atividade salineira se deram já no início da colonização, com a extração do sal marinho das reservas naturais que se acumulavam nas zonas de supramaré. Este procedimento foi aperfeiçoado com a construção das pequenas salinas artesanais pelos portugueses, conforme técnicas usadas em outros pontos do Império Colonial Português (e.g. África, China, Índia).

A evolução dessa atividade está entrelaçada diretamente com esse período da colonização, onde a descoberta das reservas naturais e posterior produção de sal nas salinas passaram a impulsionar o desenvolvimento de outras atividades a ela relacionadas, configurando-se nesse período como uma das principais atividades econômicas desenvolvidas nas margens das desembocaduras dos rios do Rio Grande do Norte (COSTA et al., 2012). É necessário frisar que a maior parte das salinas foi historicamente construída efetivamente nas áreas onde ocorria naturalmente o processo de formação natural do cloreto de sódio, ou seja, através da evaporação da água das marés acumulada nas suaves depressões das planícies hipersalinas (*sabkha*, *salt flat* ou deserto salino) (Imagem 03).

Imagem 03: Planície de supramaré (1973)<sup>2</sup>, situada à leste da cidade de Grossos-RN, ocupada ao longo do tempo por salinas (2010)<sup>3</sup>.



Fonte – COSTA, D.F.S.

Estes solos são de caráter alcalino ( $\text{pH} > 8,0$ ), apresentando um horizonte sálico (1:1 em água), com  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ , caracterizado por uma saturação de sódio ( $100\text{Na}^+/\text{CTC}$ ) maior ou igual a 15% em alguma época do ano (condutividade elétrica no extrato de saturação maior ou igual a 7 dS/m, a 25°C), sendo largamente limitados a zonas de clima árido e semiárido e regiões costeiras (EMBRAPA, 1999; FAO, 2006). Essa descrição é claramente identificada nas zonas de supramaré das planícies de inundação flúvio-marinha encontradas no litoral semiárido brasileiro, onde as salinas foram construídas, sendo submetidas à inundações sazonais de marés com alturas até 3,80 metros.

## Clima

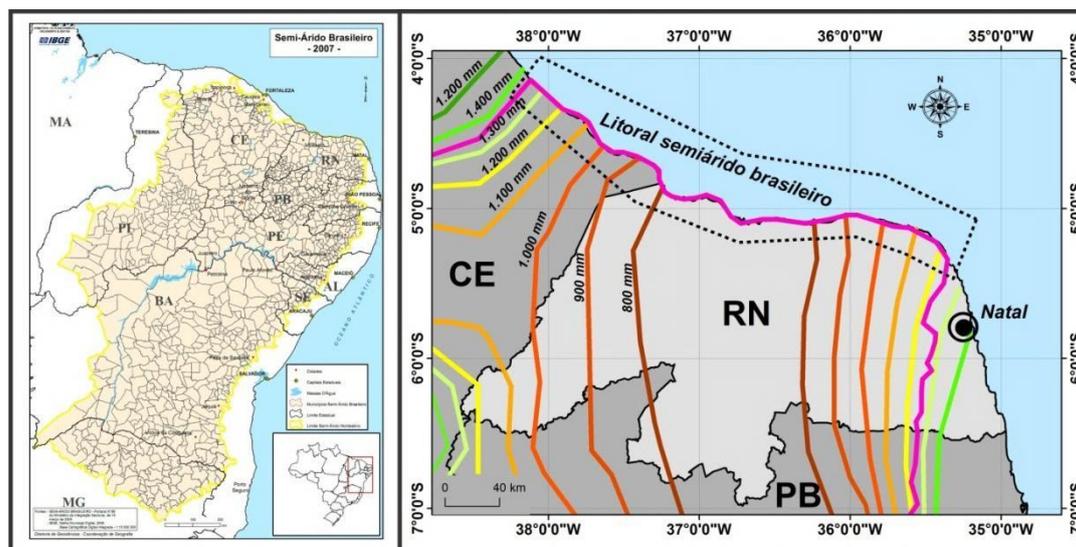
O litoral semiárido brasileiro abrange um território a partir do limite leste do Ceará e todo o litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (Mapa 02). Este trecho litorâneo da Região Nordeste encontra-se sob influência do clima tropical quente e seco ou semiárido (NIMER, 1989), apresentando uma distribuição das precipitações irregular e concentrada entre o verão e o outono (fevereiro a junho), com uma longa e pronunciada estação seca (~ 8 meses), cuja pluviosidade média anual ( $< 1.250 \text{ mm.ano}^{-1}$ ) é inferior à evapotranspiração potencial da região ( $1.500 - 1.600 \text{ mm.ano}^{-1}$ ). Devido a esses fatores, durante a maior parte do ano (período de estiagem – abril à dezembro) os estuários dessa zona litorânea se tornam hipersalinos,

<sup>2</sup>Imagem do satélite LANDSAT 1/Sensor MSS/Órbita 231/Ponto 064/Composição R5G7B4, de 06 de outubro de 1973, obtida no INPE.

<sup>3</sup>Imagem do satélite Geoeye de 14 de janeiro de 2011, retirada do *Software Google Earth*, em 17 de janeiro de 2012.

atingindo valores de salinidade acima de 45 ppm (MIRANDA et al., 2002; SILVA, 2004; SILVA et al., 2009).

Mapa 02: Localização do litoral semiárido do Brasil



Fonte - adaptado de IBGE, 2007.

Considerando a salinidade (da água ou do sedimento) como uma das variáveis estratégicas para a localização ideal de se construir uma salina, Silva (2004) e Silva et al. (2009) caracterizam os estuários situados no litoral semiárido como “estuários negativos ou hipersalinos” (MARGALEFF, 1973; MIRANDA et al., 2002). Segundo esses autores, em consequência das condições climáticas locais, as taxas de evapotranspiração potencial nas bacias de drenagem dos rios são maiores do que a precipitação, assim como as taxas de escoamento superficial são praticamente desprezíveis. Somando-se com a intensa evaporação diária ( $5 \text{ cm/m}^3$ ), ventos constantes e altas temperaturas ( $>30^\circ\text{C}$ ) durante a maior parte do ano, estes estuários se tornam hipersalinos, podendo-se encontrar valores até aproximadamente duas vezes acima da salinidade encontrada no mar ( $36 \text{ g.L}^{-1}$ ) nas zonas do alto estuário. Dessa maneira, o corpo d’água funciona como um evaporador natural das águas, beneficiando as salinas que já captam a água com um elevado teor de saturação de sais.

Nesse sentido, Silva (op. cit.) e Silva et al. (op. cit.) identificaram a formação de um gradiente longitudinal da salinidade a partir da foz e ao longo dos estuários localizados no litoral semiárido brasileiro, com o aumento progressivo desse fator, encontrando-se valores entre 50 e  $90 \text{ g L}^{-1}$  na porção do alto estuário. Essa condição é alterada sazonalmente com o aumento da descarga fluvial, “re-estabelecendo a zona de mistura do estuário clássico” (MIRANDA et al., op. cit.). Ainda segundo estes autores, tais condições de hipersalinidade caracterizam os

ambientes de elevada evapotranspiração, podendo estar associado aos valores extremos de amplitude de maré (3 metros) e/ou período de estiagem prolongada, ambos evidenciados nesse trecho litorâneo.

### **Localização geográfica das salinas nos estuários do litoral semiárido**

Em termos de localização nas margens dos estuários, as salinas situadas junto à foz captam uma água que apresenta uma curta variação de salinidade ao longo de todo o ano, conseguindo manter um padrão anual de produção estável, uma vez que a salinidade do Oceano Atlântico não apresenta variações significativas anuais neste trecho (~35 ppm). Por sua vez, as salinas localizadas no alto estuário tem sua captação de água condicionada às oscilações anuais do corpo hídrico, onde nos meses de janeiro a junho o estuário se comporta, quanto à salinidade, como um estuário normal. Nessa condição, apenas o fluxo de água doce ou salobra ocorre neste trecho vindo a apresentar os valores mais elevados apenas na desembocadura do rio.

Nesse sentido, as salinas situadas no baixo estuário contam com uma estabilidade da salinidade no seu local de captação, enquanto que as salinas situadas no alto estuário, embora não possam contar com essa estabilidade, são favorecidas pelo caráter sazonal desse fator ao longo do ano. Assim, após o fim da estação chuvosa na região e início do período de estiagem (julho a dezembro), a salinidade da água ao longo do corpo hídrico aumenta gradativamente em virtude de fatores como 1) desprezível aporte de água doce do rio, 2) altas temperaturas e 3) ventos constantes. A junção desses fatores favorece a ocorrência de altas taxas de evaporação na zona de médio e alto estuário, onde esse último trecho apresenta elevados valores de saturação de sais na água (50 a 60 ppm) e, quando comparado ao circuito de produção de uma salina, funciona como um evaporador natural. Por captarem a água do estuário já em elevada saturação de sais, estas salinas podem antecipar o seu circuito de produção, não necessitando do mesmo tempo que as salinas situadas no baixo estuário.

Ainda com relação à localização das salinas ao longo dos estuários, Costa et al. (2010) encontrou que a área de produção da tonelada de sal marinho produzido por uma salina situada próxima à foz do estuário do Rio Apodi-Mossoró é de 50 m<sup>2</sup>, enquanto que uma salina situada no alto estuário necessitava apenas de 30 m<sup>2</sup> para a produção da tonelada de sal. É principalmente com base nessa assertiva que a análise do perfil da produção de sal marinho a partir da evaporação solar se encaminha para a questão do espaço de produção. Vale ressaltar que mesmo sem a efetiva captação, as salinas situadas nestas zonas do alto estuário mantêm um padrão de produção contínuo. Este fato se dá através do constante manejo da salmoura ao longo

do circuito da salina, de forma que a produção de sal não seja interrompida mesmo com a ausência da captação de água.

## CONCLUSÕES

De acordo com o apresentado ao longo do texto, fica explícito que o estabelecimento das salinas no litoral semiárido brasileiro se deu por vários fatores condicionantes, como o aproveitamento das várzeas salinas dos rios, clima e tipo de solo. Portanto, conclui-se que as condições ambientais influenciam diretamente no processo produtivo da atividade salineira e constituem o componente do sistema ambiental físico, o qual proporciona as condições necessárias para o desenvolvimento dessas indústrias no litoral setentrional do Rio Grande do Norte.

Essa abordagem dará suporte para as decisões sobre as práticas de gestão e manejo das áreas atualmente ocupadas pelas salinas, uma vez que estas sistemas são o único sistema biológico capaz de ser instalado nessas planícies sem a necessidade de intervenção geotécnica. Assim, em termos econômicos e de reduzido impacto ambiental, as salinas podem ser consideradas uma alternativa para a ocupação dessas planícies com elevada concentração de sais (*e.g.*  $\text{CaCO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{NaBr}$ ) na superfície do solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Ecologia do Semiárido (UFRN), pelo apoio instrumental, nos trabalhos de campo e de gabinete. A CAPES, pela concessão da bolsa de pesquisa doutoral para o primeiro autor (Proc. BEX. 5834/10-4). Ao SIESAL (Sindicato da Indústria de Extração de Sal Marinho do Rio Grande do Norte), pelo apoio e acesso por terra às salinas do Rio Grande do Norte.

## REFERÊNCIAS

AL-FARRAJ, A. An evolutionary model for sabkha development on the north coast of the UAE. *Journal of Arid Environments*, v. 63, p. 740-755, 2005.

AMARO, V. E.; SILVA, D. R. V.; SOUZA, F. E. S.; SOUTO, M. V. S.; ARAÚJO, A. B.; SOUZA, A. S. Uso de imagens IKONOS de alta resolução como base para o mapeamento temático em escala 1:10.000 do Sistema Estuarino Apodi-Mossoró e seus entornos no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, Anais...*, p. 3395-3401, INPE, 16-21 abril 2005.

AMARO, V. E. (Coord.). Mapas de uso e ocupação do solo e das unidades geoambientais do estuário do rio Apodi-Mossoró/RN, na escala de 1:10.000, baseado em imagens IKONOS de 2000 a 2002. (Relatório Técnico). In: IDEMA. Zoneamento Ecológico-Econômico dos estuários do litoral norte do Rio Grande do Norte. Natal/RN: FUNPEC/UFRN, 2004.

BAAS-BECKING, L. G. M. Historical notes on salt and salt-manufacture. *Scient. Mon.*, N.Y., v. 32, p. 434-446, 1931.

BARBOSA, J. E. L.; WATANABE, T.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; SOUTO, F. J. B. Distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplancônica e variáveis hidrológicas em uma salina artesanal do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*, v. 15, n. 2, p. 7-26, 2000.

CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 1999.

COSTA, D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; LUCENA FILHO, M. A.; SILVA, A. A. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no Estado do Rio Grande do Norte (Brasil). *Sociedade & Natureza*, v. 25, p. 24-34, 2013.

COSTA, D. F. S.; DE MEDEIROS ROCHA, R.; CÂNDIDO, G. A. Perfil de sustentabilidade e uso dos recursos naturais em salinas solares no estuário do Rio Apodi-Mossoró (RN). In: CÂNDIDO, G.A. (Org.). *Desenvolvimento Sustentável e Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade: formas de aplicações em contextos geográficos diversos e contingências específicas*. Campina Grande - PB: Editora da Universidade Federal de Campina Grande, 2010, p. 401 - 426.

COSTA, D. F. S. Análise fitoecológica do manguezal e ocupação das margens do estuário hipersalino Apodi-Mossoró (RN - Brasil). Dissertação de Mestrado. Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

COPELAND B.J. Environmental characteristics of hypersaline lagoons. *Texas University Contributions to Marine Science*, v. 12, p. 207-218, 1967.

CURTIS, R.; EVANS, G.; KINSMAN, D. J. J.; SHEARMAN, D. J. Association of dolomite and anhydrite in the recent sediments of the Persian Gulf. *Nature*, v. 197, p. 6779-6800, 1963.

DE MEDEIROS ROCHA, R.; COSTA, D. F. S.; LUCENA FILHO, M.A.; BEZERRA, R. M.; Medeiros, D. H. M.; SILVA, A. M. A.; ARAUJO, C.N.; XAVIER FILHO, L. Brazilian solar saltworks - ancient uses and future possibilities. *Aquatic Biosystems*, v. 8, p. 8, 2012.

DE MEDEIROS ROCHA, R. Fatores determinantes na estratégia de cultivo de *Asteromonas gracilis* Artari (Chlorophyceae, Dunaliellales). Tese de doutorado. Rede Nordestina de Biotecnologia. Universidade Tiradentes, Aracajú-SE, 2011, 165 p.

DE MEDEIROS ROCHA, R.M.; COSTA, D.F.S.; LUCENA FILHO, M.A. Tropical solar salt works - influence and challenges in the coexistence with traditional populations in

the Brazilian northeast region. In: 9th International Symposium on Salt, anais..., Beijing, China, v. A, 2009, p. 877-881.

DE MEDEIROS ROCHA, R.; CAMARA, M.R. Prediction, monitoring and management of detrimental algal blooms on solar saltworks. In: Salt Institute (ed.), 7th International Symposium on Salt, anais..., 6 - 9 de abril, 1993, p. 657-660.

DUKE, N. C.; BALL, M. C.; ELLISON, J. C. Factors influencing in mangroves biodiversity and distributional gradients. *Global Ecology and Biogeography Letters*, v. 7, p. 27-47, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília/DF: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 1999.

EVANS, G. Coastal and nearshore sedimentation: a comparison of clastic and carbonate deposition. *Proceedings of Geological Society of London*, v. 81, p. 493-508, 1970.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF ONU - FAO. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 103, FAO, Rome, 2006.

FERREIRA, A. T. S.; AMARO, V. E.; SOUZA, F. E. S.; SOUTO, M. V. S.; SILVA, D. R. V.; SOUZA, A. S.; LIMA, F. B.; MELO, B. S.; ARAÚJO, A. B. Interpretação de imagens IKONOS de alta resolução aplicada ao desenvolvimento de mapas temáticos em escala 1:10.000 do Sistema Estuarino Açú-Piranhas e seus entornos no Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, anais... Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3005-3007.

GUO, G; ARAYA, K; JIA, H; ZHANG, Z; OHOMIYA, K; MATSUDA, J. Improvement of salt-affected soils, part 1: interception of capillarity. *Biosystems Engineering*, v. 94, n. 1, p. 139-150, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa do semiárido brasileiro. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão / IBGE, 2007.

\_\_\_\_\_. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão / IBGE, n.1., 1992, 92p.

KENDALL, A.C. Evaporites. In: WALKER, R.G. (ed.). *Facies Models*. 2 ed. Geoscience Canada Reprint Series 1, Toronto, 1984, p. 259-296.

KENDALL, A.C.; HARWOOD, G.M. Marine evaporites: arid shorelines and basins. In: READING, H.G. (ed). *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Oxford: Blackwell, 1996, p. 281-324.

KJERFVE, B.; SCHETTINI, C. A. F.; KNOPPERS, B.; LESSA, G.; FERREIRA, H. O. Hydrology and Salt Balance in a Large, Hypersaline Coastal Lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 42, p. 701-725, 1996.

KOROVESSIS, N.; LEKKAS, T.D. Solar saltworks wetland function. *Global NEST Journal*, v. 11, n. 1, p. 49-57, 2009.

LOVELOCK, C. E.; BALL, M. C.; MARTIN, K. C.; FELLER, I. C. Nutrient enrichment increases mortality of mangroves. *PLoS ONE*, v. 4, n. 5, e5600, 2009.

MARGALEF, R. *Limnología*. Barcelona/ES: Omega, 1983, 1010 p.

MELO, B. S.; SILVA, D. R. V.; SOUZA, A. S.; LIMA, F. B.; FERREIRA, A. T. S.; SOUTO, M. V. S.; ARAÚJO, A. B.; SOUZA, F. E. S.; AMARO, V. E. Mapeamento do uso e ocupação do solo e unidades geoambientais, na escala de 1:10.000, da região de Guamaré-Galinhos/RN, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto com alta resolução do sistema IKONOS. In: *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Anais...Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE*, p. 2267-2272.

MENDES, A. M. S.; FONTES, R. L. F.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do Deserto Salino, no Estado do Rio Grande do Norte. *Rev. Ciên. Agron., Fortaleza*, v. 39, n. 01, p. 19-27, Jan.- Mar., 2008.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. *Princípios de oceanografia física de estuários*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MOREIRA, E.G.S.; DEMATTÊ, J.L.I.; MARCONI, A. Caracterização e gênese de Solonetz solodizado do sertão central e do médio Jaguaribe - Estado do Ceará. *An. ESALQ, Piracicaba*, v. 46, n. 2, p. 319-341, 1989.

MUEHE, D. (ed.). *Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989, 422 p.

OREN, A. Saltern evaporation ponds as model systems for the study of primary production processes under hypersaline conditions. *Aquat Microb Ecol*, v. 56, p. 193-204, 2009.

OREN, A. Solar salterns. In: \_\_\_\_\_. *Halophilic microorganisms and their environments cellular origin. Life in extreme habitats and astrobiology*, v. 5, n. 3, p. 441-469, 2002.

SANTOS, P. P. *Evolução econômica do Rio Grande do Norte (Século XVI a XXI)*. 3 ed. Natal (RN): Departamento Estadual de Imprensa, 2010.

SILVA, A. M. A.; BARBOSA, J. E. L.; MEDEIROS, P. R.; ROCHA, R. M.; LUCENA FILHO, M. A.; COSTA, D. F. S. Zooplankton (Cladocera and Rotifera) variations along a horizontal salinity gradient and during two seasons (dry and rainy) in a tropical inverse estuary (Northeast Brazil). *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 4, n. 2, p. 226-238, 2009.

SILVA, M. M.; SCHREIBER, B. C.; SANTOS, C. L. Evaporites as mineral resources. *Rev. Bras. Geof.*, v.18, n.3, p. 338-350, 2000.

SILVA, C. A. R. *Caracterização física, físico-química e química dos estuários Apodi, Conchas, Cavalos, Açú, Guamaré, Galinhos, Ceará-Mirim, Potengi, Papeba e Guaraíra. Relatório final*. Natal/RN: Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte/IDEMA, 2004, 50 p.

SUGUIO, K. *Introdução à sedimentologia*. São Paulo: E. Blücher, 1973, 317 p.

VITA, S.; LUNA, F. J.; TEIXEIRA, S. Descrições de técnicas da química na produção de bens de acordo com os relatos dos naturalistas viajantes no Brasil colonial e imperial. *Quim. Nova*, v. 30, n. 5, p. 1381-1386, 2007.

VITAL, H. (Coord.). Rio Grande do Norte. In: MUEHE D (ed.). *Erosão e progradação do litoral brasileiro*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p. 159-176.