

CONDICIONANTES NATURAIS À PRODUÇÃO DE SAL MARINHO NO BRASIL

DINIZ, Marco Túlio Mendonça;^a VASCONCELOS, Fabio Perdigão ^b

(a) Dr em Geografia, Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). <http://lattes.cnpq.br/3075753552167640>

(b) Dr. em Oceanografia, Professor da Universidade Estadual do Ceará (UECE). <http://lattes.cnpq.br/2358953760401618>

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: UFRN, Av. José Evaristo, s/n, CEP: 59000-000, Belo Horizonte - MG, Brasil. CEP: 59300000 - Caicó (RN), Brasil. Tel: (+55 84) 34214870
E-mail: tuliogeografia@gmail.com

RESUMO

A costa semiárida do Rio Grande do Norte e do Ceará se destacam entre os maiores produtores de sal marinho do Brasil. A totalidade da produção do primeiro estado e grande parte da produção do segundo é oriunda de um trecho de linha de costa côncava em relação ao Atlântico, denominado Costa Branca da Costa Semiárida Brasileira. Este trecho apresenta características climáticas a conferir maior produtividade à atividade salinícola. Neste trabalho analisam-se dados da dinâmica natural dos condicionantes a influenciar no potencial produtivo do empreendimento salinícola. Nele se constatou que as áreas das planícies flúvio-marinhas dos rios Mossoró e Açu e da planície de maré de Galinhos-Guamaré apresentam maior potencial para produção de sal marinho do Brasil e posto: os solos serem menos permeáveis; o transporte longitudinal de sedimentos e também o assoreamento dos estuários por parte das dunas móveis ser diminuto; a salinidade natural da água ser mais elevada devido ao maior confinamento dela no continente; e maior a deposição de sedimentos das frações silte e argila.

Palavras-chave: Sal marinho; Costa Semiárida Brasileira; Condicionantes Naturais.

ABSTRACT/ RESUMEN

NATURAL CONDITIONS FOR THE SEA SALT PRODUCTION IN BRAZIL

Rio Grande do Norte and Ceará stand out among the largest producers of sea salt in Brazil. The entire production of Rio Grande do Norte and much of the production of sea salt of Ceará come from a stretch of concave coastline in relation to the Atlantic called Concave Excerpt of semiarid Brazilian East Coast. This section presents climatic characteristics providing increased productivity to salt activity. This study presents data from the natural dynamic of constraints that influence the productive potential of a salt-development. After analysis, it was found that the areas of fluvial-marine plains of Mossoró and Açu rivers and tidal flat in Galinhos-Guamaré are those with the highest potential for production of sea salt in Brazil. The great vocation of these areas for the production of sea salt is due to the following factors: the soils are less permeable; the longshore transport of sediments and also the siltation of estuaries by the dunes are not important; natural water salinity is higher due to its greater confinement on the continent; and being larger the deposit of sediments of silt and clay fractions.

Keywords: Sea salt; Semiarid Brazilian Coast, Natural Conditions.

RESTRICTIONS NATURELS POUR LA PRODUCTION DE SEL DE MER AU BRÉSIL,

Rio Grande do Norte et Ceará se distinguent parmi les plus grands producteurs de sel de mer au Brésil. Toute la production du Rio Grande do Norte et grande partie de la production de sel de mer du Ceará sont originaires d'une étendue de côte concave par rapport à l'Océan Atlantique nommée Morceau Concave Est de la Côte Semi-Aride du Nord-Est du Brésil. Cette partie présente des caractéristiques climatiques qui accordent une plus grande productivité à l'activité salinière. Cette étude analyse la dynamique naturelle des conditions qui portent influence sur le potentiel de production de sel. Suite aux analyses, il a été constaté que les zones de plaines fluviales-marines de rivières Mossoró et Açu et l'estuaire-estran de Galinhos-Guamaré sont ceux qui ont présenté le plus grand potentiel pour la production de sel de mer au Brésil. La grande vocation de ces zones pour la production de sel de mer se doit aux facteurs suivants : les sols sont moins perméables ; le transport des sédiments longitudinaux est moins important ; les estuaires sont moins ensablés par les dunes ; la salinité de l'eau de mer est plus élevée en raison d'un plus grand confinement sur le continent ; et les bassins sont plus ensablés par les fractions fines composés de silte et argile.

Mots clés: Sel de mer, Côte Semi-Aride du Brésil, Restrictions Naturels.

Article history:

Received 04 Março, 2017
Accepted 11 Abril, 2017
Publisher 15 Maio, 2017

INTRODUÇÃO

Os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará se destacam entre os maiores produtores de sal marinho do Brasil. A totalidade da produção do Rio Grande do Norte e grande parte da produção de sal do Ceará são produzidos em trecho de linha de costa côncavo em relação ao Atlântico denominado Costa Branca da Costa Semiárida Brasileira. Esta divisão foi feita por Diniz e Oliveira (2016), que ao estudar a dinâmica da área propôs uma nova divisão para dois dos macrocompartimentos da costa brasileira, propostos por Muehe (2006). Os macrocompartimentos Costa Semiárida Norte e Costa Semiárida Sul foram agrupados em um só, denominado Costa Semiárida Brasileira (CSB, que vai do Golfão Maranhense ao Cabo do Calcanhar/RN), este foi subdividido com base na interação atmosfera-terra-oceano em três trechos, dentre eles a Costa Branca (que vai de Icapuí/CE ao Cabo do Calcanhar/RN) da CSB. Os demais macrocompartimentos propostos por Diniz e Oliveira (2016) são a Costa das Dunas (de Icapuí/CE à foz do Acaraú/CE) e a Costa dos Deltas (da foz do Rio Acaraú ao Golfão do Maranhão).

Após analisar os condicionantes climáticos dos produtores de sal marinho da Costa Brasileira, Diniz (2013) apontou para uma larga vantagem em termos de potenciais para a extração de sal marinho na Costa Branca e área adjacente (Planícies do Pirangi e do Jaguaribe), também por isso denominada Costa do Sal. Nessa área, o clima é semiárido quente e seco, com considerável déficit entre precipitação e evaporação. Empiricamente, após séculos de atividade salineira no Brasil, o grande capital percebeu esse maior potencial da Costa Branca. Lá foram investidos vultosos recursos para a modernização da atividade. Atualmente, a região produz mais de 95% do sal marinho brasileiro. No ano de 2014, foram produzidas 6.050.000 t de sal marinho no Brasil, sendo 95% no Rio Grande do Norte e outros 1,5% no Ceará (DNPM, 2015).

As áreas produtoras (ou com potencial para produção) de sal marinho na Costa Branca são planícies flúvio-marinhas, ou planícies de maré localizadas em áreas estuarinas de vales de rios afogados ou em forma de deltas. Existem na costa cearense duas planícies flúvio-marinhas: a do rio Jaguaribe e a do rio Pirangi, em que nelas não há salinas (ou ainda não foi registrada produção); existe ainda uma planície de maré em Icapuí, onde funciona uma salina que produz quase a metade do total do sal marinho cearense.

No mesmo mapa, é possível observar que existem outras três áreas com potencial produtivo para sal marinho no Rio Grande do Norte: duas em planícies flúvio-marinhas, dos rios Apodi-Mossoró e Piranhas-Açu; a terceira área está localizada numa planície de maré entre os Municípios de Galinhos e Guamaré. No ano de 2014, essas áreas do litoral do Rio Grande do Norte responderam por aproximadamente de 95% da produção de sal marinho do Brasil, contra apenas 1,5% em todo o litoral cearense (DNPM, 2015). Neste trabalho, apresenta-se outros condicionantes naturais que explicam a grande diferença entre a produção de sal marinho em áreas tão próximas, para as quais os condicionantes climáticos são semelhantes. Diniz (2013) identificou que estas áreas tem características climáticas semelhantes, por isso os condicionantes climáticos foram excluídos desta análise. No entanto, antes de ser iniciada a discussão sobre a dinâmica local e as potencialidades naturais de cada área para a produção de sal marinho, apresentaremos alguns pressupostos para a compreensão desse texto.

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS PARA COMPREENSÃO DA DINÂMICA NATURAL DO TRECHO CÔNCAVO LESTE DA COSTA SEMIÁRIDA BRASILEIRA

No Mapa de Geomorfologia da área (Figura 1), é possível observar que a planície costeira (Ad) é mais extensa nos trechos da costa que se encontram com forma geométrica aproximadamente em

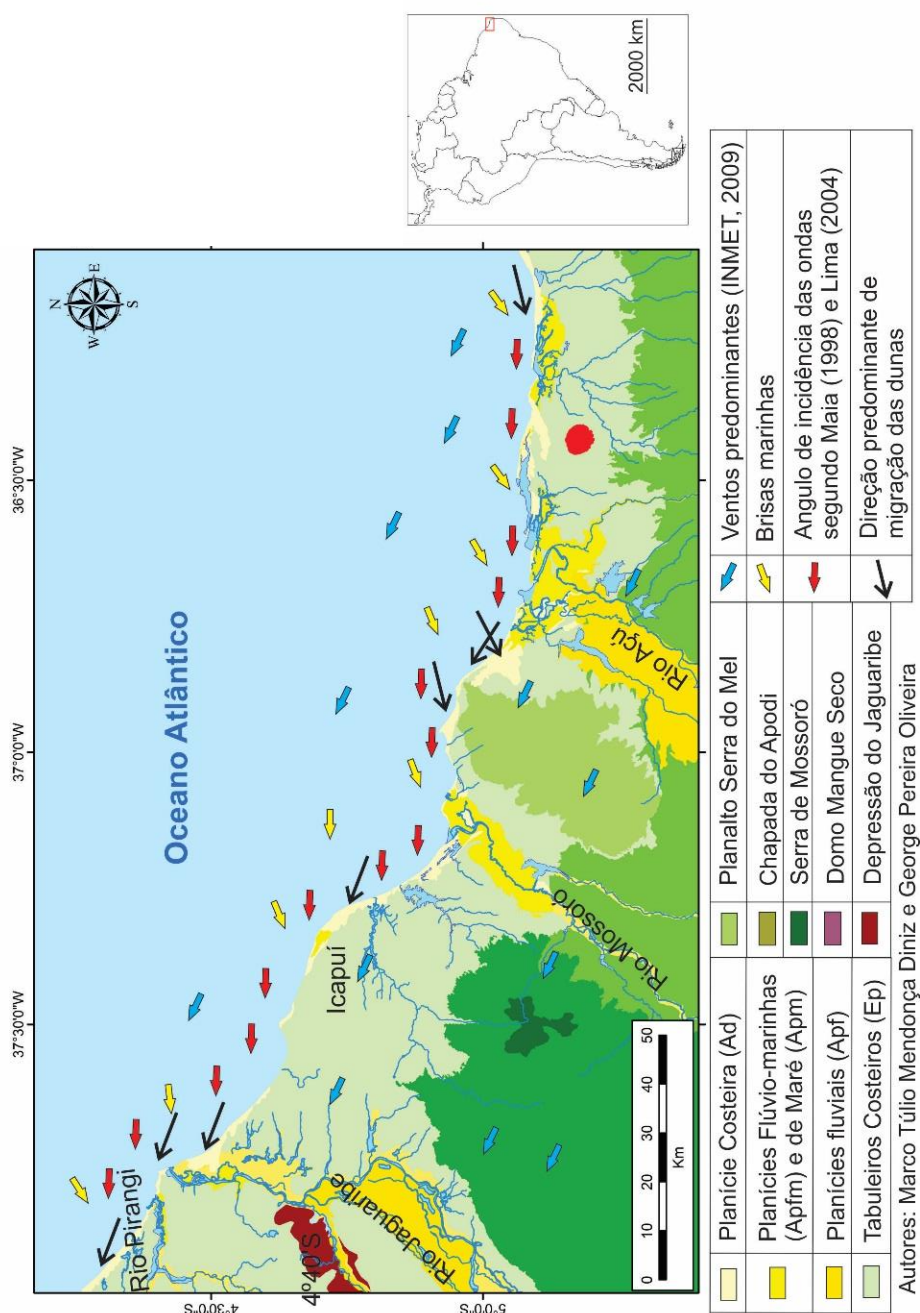


Figura 1 - Mapa de Geomorfologia da Costa Branca ou Costa do Sal e adjacências.

um sentido NW-SE pois, nesta conformação a linha de costa fica aproximadamente perpendicular aos ventos de NE e E (brisa marinha), que, segundo Diniz (2013) são mais intensos e com maior capacidade de transportar sedimentos do estirâncio para o interior do continente. Do mesmo modo, quando o litoral tem essa conformação (NW-SE) é menor a perda de sedimentos eólicos das dunas para as praias por parte dos ventos predominantes da área, os alísios de SE.

De forma contrária, quando a costa assume conformação W-E ou mesmo WSW-ENE, é diminuída a capacidade de transporte de sedimento por parte dos ventos com procedência de Nordeste, e principalmente de Leste, dado que o litoral se encontra quase que paralelo à ação destes que são os ventos de maior potencial em transportar sedimentos para o interior, assim como é maior a capacidade de os Alísios de Sudeste erodirem as dunas e depositarem sedimentos eólicos novamente na plataforma rasa (Figura 1). Esse fato influencia no potencial para a produção de sal marinho, pois

a deposição de sedimentos eólicos em áreas de planície flúvio-marinha (ou de maré) é responsável por aumentar a drenagem do solo, dado que esses sedimentos arenosos, contribuem para o aumento da permeabilidade dos solos.

Outra característica importante também é explicada pela geometria do litoral, pois sabe-se que

[...] direção, velocidade e volume de transporte de sedimentos paralelamente à praia, tanto na zona de surfe como na face da praia, também chamada deriva litorânea, dependem da obliquidade de incidência das ondas, isto é, o ângulo formado entre a crista da onda, na arrebentação, e a linha de praia. Com ângulos superiores a 5°, a velocidade da corrente longitudinal é bastante eficiente. (MUEHE, 2008).

A eficiência em transportar sedimentos nas correntes longitudinais e de deriva litorânea é mínima em ângulos de incidência de 0°, máxima em ângulos de 45° e volta a ser mínima aos 90° de ângulo (Machado, 2007).

A velocidade da corrente longitudinal (m/s) pode ser medida pela equação de Longuet-Higgins (1970, apud MUEHE, 2008):

$$V_l = 1,19 \cdot (g \cdot H_b)^{0,5} \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b,$$

Onde, segundo Borba (1999):

V_l = a velocidade média da corrente longitudinal (m/s);

1,19 = a uma constante experimental;

g = aceleração da gravidade (9,81 m/s²);

H_b = altura média da onda significativa na zona de arrebentação (m); e

α_b = ângulo de incidência das ondas (em graus).

Considerando ainda que a estimativa do volume de areia transportada por dia, pode ser feita através da equação estabelecida por Komar (1983 apud MUEHE, 2008):

$$Q_s = 3,4 \cdot (E \cdot C_n)_b \cdot \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b,$$

Onde segundo Borba (1999):

Q_s = estimativa do volume de areia transportada por dia (m³/dia);

3,4 = constante experimental;

E = energia da onda (joules/m²); e

C_n = velocidade do grupo de ondas ou celeridade (m/s).

Dado que o produto entre $\sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$ é maior em ângulos de 45°, próximo a esse ângulo de incidência das ondas em relação à linha de costa será maior a velocidade e volume de sedimentos transportados pela corrente longitudinal e pela deriva litorânea, em ângulos de 0° e 90° o produto entre $\sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$ igual a zero, o que anula o transporte longitudinal. No caso da CSB, o transporte de sedimento será mais eficiente nas áreas em que o litoral se apresenta no sentido NW-SE, e terá menor velocidade e volume transportado nas áreas de sentido W-E e WSW-ENE pois, segundo Maia (1998), nessa área as ondas provêm principalmente de ESE, formando ângulo mais favorável à velocidade da corrente longitudinal e ao transporte de sedimentos na área, que vai aproximadamente da foz do Jaguaribe à foz do Acaraú, no litoral cearense. De forma contrária, entre a foz do rio Apodi-Mossoró (RN) e o Cabo do Calcanhar (RN), a velocidade da corrente longitudinal e o volume do transporte de sedimentos são mínimos na maior parte do ano, pois nessas áreas o ângulo de incidência das ondas chega a ser próximo de zero. Entre a foz do Jaguaribe (CE) e a foz do Apodi-Mossoró (RN), a geometria do litoral se alterna bruscamente em Icapuí (CE), onde forma um ângulo de cerca 70°, passando a orientação de SSE-NNW para E-W. Os processos descritos neste subtítulo atuantes no TCL podem ser visualizados na figura 1.

Feitas estas considerações, segue a análise das potencialidades para a produção de sal marinho nas planícies flúvio-marinhas e de maré do Trecho Côncavo Leste da Costa Semiárida do Nordeste Brasileiro.

A PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO PIRANGI

Calculou-se a área da planície flúvio-marinha do Rio Pirangi em cerca de 14,94 km², sendo a área é composta por sedimentos flúvio-marinhos de idade holocênica. A planície em questão está adjacente à Costa Branca, tem uma área estreita, em que seus sedimentos lodosos recobrem uma área de canal de rio afogado por transgressão marinha ladeado pelos tabuleiros costeiros (Figura 1), compostos por arenitos neogênicos da Formação Barreiras (SOUZA, 2000; CARVALHO et al., 2003).

Esta planície está situada em uma pequena bacia hidrográfica com 4.374 Km², que compõe junto a outras o conjunto denominado Bacias Hidrográficas Metropolitanas de Fortaleza. Sua nascente se dá em terrenos cristalinos em terras de pouca altitude a cerca de 200 m a nordeste do Município de Quixadá/CE, e em cerca de 80% de seu talvegue a declividade média é de 0,05%, formando muitas lagoas em seu curso. Não há tributários consideráveis e sua vazão média anual foi estimada em apenas 1,1 m³/s (FUNCEME; UECE, 2007).

Sua foz é desviada a esquerda por uma pequena restinga (spit), dada sua pequena vazão, o que quebra o padrão de drenagem paralelo de seu baixo curso. Essas características de pequena vazão e pequena declividade fazem com que o rio deposite apenas sedimentos finos na área estuarina. No estudo que Larach, Pötter e Azevedo (1974, p. 58) fizeram na região, foram encontrados Solonchak Solonetzico (hoje Gleissolos Sálícos) imperfeitamente drenados compostos por 35% de siltes e 59% de argilas; mais 4% de areias finas e apenas 2% de areia grossa em sua planície flúvio-marinha. A fração areia viria por contribuição eólica, que é muito pequena, já que o encontro do Rio Pirangi com o mar ocorre em um trecho em que a costa assume uma conformação aproximadamente W-E. Nessas áreas, o transporte longitudinal de sedimentos é mínimo, o que permite uma maior deposição de sedimentos decantáveis, de contribuição fluvial, e de vasas oceânicas. A maior presença de sedimentos das frações silte e argila contribui para uma menor drenagem do solo, o que é favorável à atividade salineira.

De acordo com o relatório feito pela parceria FUNCEME e UECE (2007), a salinidade dessa área chegou a 36,4 g de sal por kg de massa de água no ciclo vazante e 36,1 no ciclo enchente, ambos em período de estiagem. Porém, essa salinidade chega aos valores mínimos de 0,5 nas estações mais afastadas do oceano, o que reflete uma considerável contribuição de águas continentais ao estuário, mesmo no período de estiagem. Salinidade próxima à do oceano adjacente, em torno de 36,0, só se manifesta nas áreas próximas da desembocadura. Esse estuário pode ser considerado de euhalino (salinidade entre 40-30) a mixohalino (salinidade entre 18-30), conforme a seção, com salinidade crescente para jusante.

A área tem potencial para produção de sal marinho, principalmente pelas características climáticas, pela proximidade do mercado consumidor de Fortaleza, pelo ótimo acesso rodoviário e pela impermeabilização natural dos solos de mangue, compostos principalmente por sedimentos de fração fina, inclusive com a presença de vasas trazidas pela maré para o estuário (FUNCEME; UECE, 2007; SEMACE, 2004). É pequena a quantidade de areias eólicas na área próxima à planície flúvio-marinha, já que é muito estreita a planície costeira, o que se deve à conformação aproximadamente W-E do litoral, onde desemboca o Rio Pirangi, o que limita a capacidade das brisas marinhas (de NE e de E) em construir um campo de dunas que pudessem assorear a área estuarina (Figura 2).

A principal limitação à atividade salineira na planície flúvio-marinha do Pirangi reside em sua pequena área, o que dificulta a implementação de grandes empreendimentos da indústria salineira

mecanizada. A área é mais propícia à carcinicultura, pois esta atividade utiliza tanques menores, predominando atualmente na área.

A PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO JAGUARIBE

O Rio Jaguaribe é o maior rio de regime intermitente do Brasil, estendendo-se por cerca de 610 km desde o sul até o nordeste do Ceará. Sua bacia hidrográfica ocupa mais de 50% do território do estado (IBGE, 1999) e seu curso principal é dominado por falhas, principalmente a Falha Jaguaribe que se estende deste o sul até o nordeste do Ceará na direção SW-NE (MAIA; CLAUDINO-SALES; PEULVAST, 2006).

A parte leste de Bacia Hidrográfica do Jaguaribe em seu médio e baixo curso drena e diseca a borda oeste da Bacia Potiguar, considerando o predomínio de climas secos a partir do Cretáceo no Nordeste Brasileiro (PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2006), o processo de degradação lateral da borda oeste da Bacia Potiguar por parte do Rio Jaguaribe tem se processado de forma lenta e contínua, durante longo intervalo de tempo, possivelmente desde o início do Neógeno (CARVALHO NETA, 2007).

O processo acima descrito é responsável por modelar o relevo cuestiforme da Chapada do Apodi, feição presente na borda oeste da Bacia Potiguar. Essa bacia sedimentar demarca a parte leste da bacia hidrográfica do Jaguaribe desde o médio até seu baixo curso. Nas proximidades da cidade de Jaguaruana, o Rio Jaguaribe deixa de apresentar direção geral SW-NE e passa a ter direção predominante S-N, desviado por uma elevação na Formação Barreiras. Durante o Holoceno, sua foz tem sido deslocada para noroeste, devido ao forte transporte sedimentar longitudinal na costa, que tem conformação SE-NW (Figura 2) e ao grande campo de dunas que se forma a leste da atual desembocadura. Esse campo de dunas se inicia nas proximidades da Vila de Canoa Quebrada, onde já fora localizada a desembocadura do Jaguaribe em algum momento do Holoceno, fato atestado pela presença de uma linha de beachrocks em Canoa Quebrada (MAIA, 1993). Desde a regressão que se iniciou a 5,1 ka, a foz do Jaguaribe tem migrado para Noroeste (MAIA, 1993).

O baixo Jaguaribe é receptor do deflúvio de sua considerável bacia hidrográfica que drena mais da metade do Ceará (CARVALHO NETA, 2007), com uma descarga sólida da ordem de 43.770 t/ano, valores calculados no período 1999-2000 por Cavalcante (2001), o que deveria fazer de sua planície flúvio-marinha mais larga que a sua planície fluvial que se encontra a montante. Isso ocorreria, caso houvesse terrenos deprimidos e mais planos próximos à sua atual foz, o que não ocorre, já que em sua porção mais à jusante, o Rio Jaguaribe tem esculpido uma falésia fluvial em rochas da Formação Barreiras em sua margem oeste, onde praticamente não há planície (Figura 2). Sua planície flúvio-marinha é um pouco mais extensa a leste do leito do rio, contudo essa tem sido assoreada pelo campo de dunas posicionado imediatamente a leste da planície flúvio-marinha jaguaribana.

Um pouco mais a montante dessa área, mas ainda no baixo Jaguaribe, a planície do rio é mais larga, chegando a formar um largo terraço que foi formado por ocasião da máxima transgressão marinha do Holoceno (MAIA, 1993). Segundo Suguio et al. (1985), essa transgressão ocorreu a cerca de 5,1 ka A.P., quando o nível do mar alcançou cerca de 5 m em relação ao seu nível atual. Essa planície é mais larga a leste do leito do rio e se estende até altitudes de 5 m nas proximidades de Itaçaba (MAIA, 1993). Parte dela é de influência flúvio-marinha e parte apenas fluvial (Figura 1).

Em sua grande maioria, a bacia do Jaguaribe banha terrenos cristalinos, exceto a leste de seu médio-baixo curso, onde são dissecados sedimentos do Arenito Açú e do Calcário Jandaíra (Bacia Potiguar). Na planície flúvio-marinha do Jaguaribe há forte deposição de sedimentos eólicos da fração areia. Esse assoreamento se deve à posição da área estuarina a sotavento do sentido do transpasse (bypass) de dunas ou migração dos sedimentos eólicos, que se dá nos sentidos E-W e

SE-NW. O forte transporte longitudinal de sedimentos da costa nessa área é responsável ainda por levar grande parte do material em suspensão trazida pelo rio em direção ao estuário.

Como resultado, a granulometria dos sedimentos dessa planície tende a ser de calibre mais grosseiro. Em trabalho realizado por Godoy (2011) foi realizada coleta de sedimentos em três pontos (testemunhos) ao longo da planície estuarina do Jaguaribe. As frações de silte e argila foram encontradas de forma predominante (80%) apenas nos primeiros 20 cm de solo da parte mais próxima a desembocadura do rio, onde a planície é mais estreita e onde há deposição de vasas. A deposição desses sedimentos oceânicos tem predominado na área, já que grande parte da carga fluvial sólida do Jaguaribe tem sido represada nas suas várias barragens. Ainda nessa amostra (testemunho 06 de GODOY, 2011) a partir dos 20 cm de solo, há ocorrência de 35% de areia grossa. Nos outros pontos da planície estuarina, a ocorrência superficial de silte e argila chega apenas a 60% e 50%, sendo essa última ocorre na amostra mais afastada da foz. O estudo de Godoy (2011) mostra a fraca presença de sedimentos das frações silte e argila na área estuarina do Jaguaribe, o que leva a uma maior permeabilidade e drenagem do solo, fatores que influenciaram na diminuição da produtividade da atividade salineira.

Segundo Dias (2007), a partir do ano de 1990 houve uma forte diminuição na vazão do Rio Jaguaribe, motivada principalmente pelo crescimento da demanda humana por água doce. De acordo com dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2006) entre 1978 e 1989, em seu estuário, o rio apresentou picos de vazão de mais de 2.250 m³/s. Já entre os anos de 1990 e 2006 esses picos não passaram de 251,3 m³/s, redução de mais de dez vezes nos picos, devido ao controle de sua vazão pelas barragens. Nesse último período, a vazão média foi de 24,5 m³/s, ainda considerada alta em relação ao padrão regional, principalmente, quando comparada à vazão média do rio Pirangi de apenas 1,1 m³/s.

Segundo Marins et al. (2003), a salinidade no estuário do Jaguaribe chega a ser um pouco mais elevada que a do oceano, variando entre 36,5 e 39,1 gramas de sal por quilograma de água, semelhante ao que ocorre em alguns rios da região. Atualmente, a salinidade tende a crescer da foz para o interior, conforme aumenta o confinamento das águas. Essa salinidade é superior a 39,0 em Aracati, localizada cerca de 15km distante da foz e apresenta valores superiores a 36 na comunidade do Cabreiro distante em mais de 22 km da foz. As águas salinas avançam até serem barradas por um dique, em forma de passagem molhada, em Itaiçaba, onde mesmo com a contribuição de uma pequena vazão de água doce, a salinidade chega a ser de 29,4, podendo-se classificar esse estuário como euhalino com salinidade crescente para montante em seu baixo curso.

A área da planície flúvio-marinha do Jaguaribe é pouco favorável à produção de sal marinho, pois apesar de apresentar uma área de 64,63 km² é estreita e tem solos com drenagem maior que o recomendado para a atividade salineira na maior parte dessa área. Em anos de grandes cheias ocorre um aumento significativo da vazão de água doce para o estuário, fato que prejudicaria a atividade. Essas características foram percebidas de forma empírica pelos habitantes locais, pois não foram encontrados registros históricos de atividade salineira na maior planície flúvio-marinha do Ceará.

A PLANÍCIE DE MARÉ DE ICAPUÍ

A planície de maré de Icapuí tem apenas 8,26 km², a menor das áreas analisadas nessa pesquisa. A planície se encontra na retaguarda de um delta de maré enchente que deposita vasas que se misturam a sedimentos trazidos por águas exultadas por falésias (MEIRELES; SANTOS, 2011). A dinâmica da área é fortemente dominada pelas marés, já que a contribuição de água doce ao sistema estuarino é sazonal e exclusivamente freática.

Meireles, Raventos e Thiers (2006) afirmam que o canal de maré existente tem característica estuarina, já que nele misturam-se água doce do fluxo de superfície e de afloramentos de água de subsuperfície. A forma desta planície é subatual e têm se formado desde a última transgressão ho-

locênica, a cerca de 5,1 ka, tendo passado por fases lagunares e deltaicas, conforme os movimentos trans-regressivos da linha de costa. Cada uma dessas fases tem suas características próprias de sedimentação, ora com predominância marinha, ora continental.

Segundo Meireles, Raventos e Thiers (2006) há predominância de materiais arenosos na sedimentação, seguidos por sílticos-argilosos, matéria orgânica e biodetritos, o que confirma o estudo de solos realizado por Larach, Pötter e Azevedo (1974) que dentre três amostras de solo coletadas na área verificaram predominância de areia fina em duas delas (63% e 74%) e de silte e argilas em outra amostra (54%), contudo os Gleissolos Sálcos foram considerados mal drenados. Talvez a presença de material orgânico, como algas por exemplo, tenha contribuído para a má drenagem. Os autores afirmam ainda que a predominância de material arenoso ocorre nas proximidades da linha de preamar, o que se deve ao fluxo longitudinal de sedimentos próximo à linha de costa.

A linha de costa da área está posicionada de forma quase que paralela à linha do Equador. A planície em questão se forma na retaguarda de flechas de areia (spits), formando pequenas restingas, que conforme Meireles, Raventos e Thiers (2006) se formam pelo fluxo da corrente longitudinal E-W (Figura 2). Ainda segundo os mesmos autores, existem três gerações de dunas no entorno, que se encontram especialmente a leste da área onde a linha de costa tem posição SSE-NNW. O campo de dunas a leste também é responsável por assorear a área da planície de maré com sedimentos da fração areia.

Mais uma vez, a conformação geométrica da linha de costa se mostra marcante, pois só graças à sua posição E-W é possível existir a formação de uma planície de maré numa área que poderia ser uma simples reentrância no litoral, não fossem as restingas formadas pelo barramento das águas pelas flechas de areia (spits). Essas formações só ocorrem na CSB nas áreas onde é menor o fluxo sedimentar longitudinal e onde os ventos mais intensos atingem o litoral de forma subparalela, ou seja, onde a linha de costa tem conformação aproximadamente E-W. Nessas áreas, o fluxo sedimentar ao largo é pequeno, o que proporciona deposição sedimentar na forma de bancos arenosos, ilhas barreiras, esporões, flechas de areia ou restingas. Nas demais áreas com conformação de litoral aproximadamente SE-NW, o forte fluxo sedimentar longitudinal não permite deposição suficiente para a formação de ilhas barreiras. Nessas áreas, a planície costeira tende a ser mais larga, o que torna o litoral mais retilíneo ao cobrir suas imperfeições (reentrâncias), através da sedimentação eólica.

As maiores potencialidades da planície de maré de Icapuí para produção de sal marinho residem no clima, na má drenagem de seus solos e na proximidade com o Porto-Ilha de Areia Branca que facilita o escoamento da produção. A maior limitação para a atividade salinera reside em ser uma área muito diminuta, mesmo assim esta é a principal área para a produção de sal marinho no Ceará.

A PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO APODI-MOSSORÓ

Para a compreensão do atual formato dessa planície, é de fundamental importância ter em mente alguns processos geológicos da evolução da Bacia Sedimentar Marginal Potiguar, que tem várias falhas que foram reativadas no Cenozoico e que comandam diversas formas de relevo, dentre vales de rios e alguns planaltos sedimentares que funcionam como divisores de águas no contexto da bacia sedimentar.

Maia (2012), através de sondagens geoeletricas identificou que o limite do contato Cretáceo-Neógeno, ou seja, do topo da formação Jandaíra com a base da formação Barreiras, situa-se a cotas de 200 m na Serra do Mel, que chega a alcançar 270 m de altitude. Ocorre que no entorno da Serra do Mel esse contato não ultrapassa a cota dos 120 m, chegando a estar ao nível do mar, ou abaixo disso, no litoral e na planície flúvio-marinha do rio Mossoró. O autor sugere que houve inversão tectônica na bacia potiguar, havendo um atual regime de compressão tectônica no sentido

NW-SE que tem reativado falhas e é responsável por uma elevação dômica (Serra do Mel) e por depressões tectônicas como no caso do vale do baixo Rio Mossoró. Esses grabens e horsts estão orientados na direção NE-SW.

A drenagem do tipo radial na elevação dômica da Serra do Mel (anticlinal) dispersa pequenos canais, sendo um divisor de águas para as planícies flúvio-marinhas dos Rios Mossoró e Açú (MAIA; BEZERRA, 2013).

Além da neotectônica, a eustasia teria participação no alargamento do vale do Rio Mossoró por sobre a Bacia Potiguar. Maia e Bezerra (2013) afirmam que após o rebaixamento do nível de base geral no último ápice glacial (entre 20 e 18 ka AP), houve dissecação e aprofundamento do vale do rio, que certamente esteve em boa parte submerso na transgressão holocênica (5,1 ka AP) e atualmente, abriga a ampla planície flúvio-marinha do rio Mossoró. Essa área seria, portanto, uma ampla depressão formada por fatores endógenos e exógenos entre o Neógeno e o Quaternário.

A planície flúvio-marinha em questão tem 197,87 km², trata-se de uma depressão tectônica que vem sendo preenchida por sedimentos e que chega a ter cerca de 8 km de largura por 30 km de comprimento. De acordo com Maia e Bezerra (2013), a cota de 0 m de altitude chega a estar a 30 km de distância da linha de costa, fato que pode ser verificado em imagens SRTM. A vazão desse rio é controlada pela barragem de Apodi, que fica 110 km a montante da foz, além disso, o escarpamento existente no contato entre o cristalino e a Chapada do Apodi diminui a competência do canal fluvial (MAIA; BEZERRA, 2013), o que associado a baixas cotas altimétricas favorece as águas marinhas adentrarem cerca de 30 km no continente, nas proximidades da cidade de Mossoró, segundo a SEMARH/RN (1998) a vazão média do rio é 17,60 m³/s.

De acordo com Silva, Miranda e Silva (2004) trata-se de um estuário hipersalino, com influência de descarga fluvial desprezível, dada sua vasta extensão espacial em relação à vazão média. Nas medições realizadas pelos autores, a salinidade variou entre 39,68 e 49,30 gramas de sal por quilograma de água, sendo maior nas estações de coleta 2 e 3 (em torno dos 5° S) a cerca de 5 a 7 km distantes da linha de costa, e menor na estação mais próxima ao oceano e na mais distante desse. Os autores afirmaram que a alta salinidade verificada nas estações 2 e 3 pode ser reflexo da proeminente atividade salineira da área.

É fato que a salinidade verificada é maior que a do oceano adjacente, isso se dá devido ao confinamento das águas oceânicas em uma vasta planície que adentra por muitos quilômetros no continente. Nela, a água confinada fica submetida à ação atmosférica em uma área de alta evaporação potencial (1985,5 mm/ano, INMET, 2009), o que tende a elevar a salinidade das águas em áreas intermediárias entre a fonte de água doce e o oceano. Essa área está localizada, aproximadamente, no centro da planície flúvio-marinha, exatamente, onde há mais salinas. De modo geral, a salinidade cresce para montante até cerca de 7 km da foz e depois tende a uma leve diminuição, contudo a salinidade é maior que a do oceano até cerca de 20 km distante da foz, podendo ser classificado como hipersalino (salinidade > 40).

No trabalho de Larach, Pötter e Azevedo (1974) foram feitas coletas de amostras de solos em 11 salinas da região, em todas elas, o solo foi considerado mal drenado ou imperfeitamente drenado, havendo predominância das frações silte e argila na terra fina das amostras. À proporção chegou a 78% de argila e 20% de silte nos Gleissolos Sálcos da Salina Francisco Menescal, em Mossoró (LARACH; PÖTTER; AZEVEDO, 1974, p. 27). As inexpressivas vazão e drenagem do Rio Apodi-Mossoró só têm competência para transportar sedimentos em suspensão até o estuário. A posição E-O da área da foz do rio é bastante desfavorável ao transporte longitudinal de sedimentos e ao assoreamento por areias eólicas (Figura 2), o que contribui para a escassez de sedimentos desse calibre. A deposição de vasas oceânicas é outro elemento que contribui para a impermeabilização dos solos.

A maior parte da área, historicamente, ocupada pelas salinas foi e ainda é de planície hipersalina ou salões no dizer de Ab'Sáber (1977), colonizada por apicuns ou com completa ausência de

vegetação, áreas conhecidas como salgado. Na figura 2 é possível perceber que ainda existem áreas de planície hipersalina não ocupadas pela atividade salineira, as quais servem como testemunho da paisagem pregressa, onde as águas salinas do estuário ocupavam vastas áreas em preamares excepcionais e quando da maré baixa formavam-se várias pequenas lagunas rasas, que submetidas à ação atmosférica, evaporavam, deixando naturalmente camadas de sal na superfície. Essas foram as áreas aproveitadas pela indústria salineira.

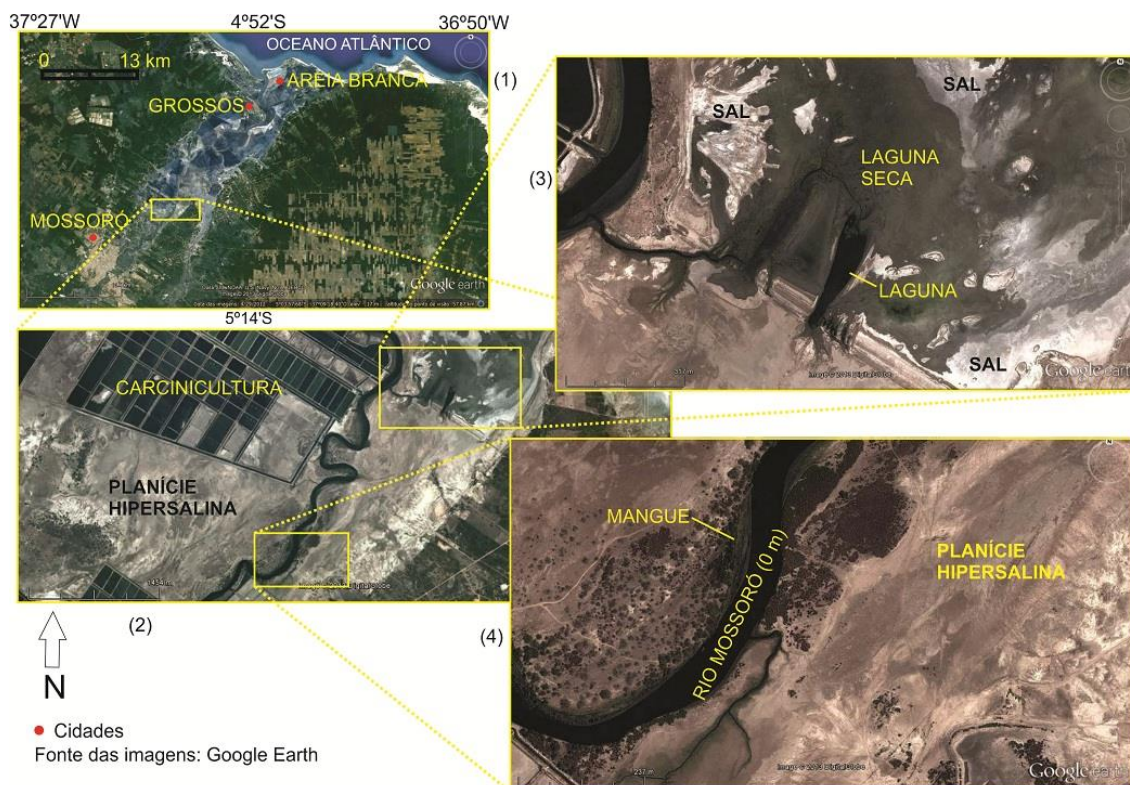


Figura 2 - Planície hipersalina do Rio Mossoró. Note-se a grande extensão da área (1); a presença de carcinicultura na parte mais a montante do estuário (2); a presença de sal naturalmente precipitado (3); e do estreito manguezal margeando o rio (4). Altitudes entre 0 e 1 m; área distante cerca de 23-25 km da foz rio (município de Mossoró), onde é menor a presença de salinas. Fonte: Google Earth, imagens de 31/08/2012.

A área da planície flúvio-marinha do rio Mossoró pertence, territorialmente, a três municípios produtores de sal marinho: Mossoró, que produziu em 2011 cerca de 1500 mil t; Areia Branca, que produziu 578 mil t; e Grossos, que produziu 302 mil t (DNPM, 2012). A produção dessa área responde por cerca de 53% do total do RN e por cerca de 49% do total nacional. Além das grandes potencialidades naturais, a proximidade com o porto de Areia Branca e as conexões comerciais que têm a importante cidade de Mossoró, ajudam a explicar o predomínio dessa área em termos de produção de sal marinho no contexto regional e nacional.

A PLANÍCIE FLÚVIO-MARINHA DO RIO PIRANHAS-AÇU

Assim como as outras duas áreas produtoras de sal marinho no Rio Grande do Norte, essa planície também está inserida no contexto geológico da Bacia Sedimentar Meso-Cenozóica Potiguar.

A origem da Bacia Potiguar está ligada à evolução da margem equatorial atlântica, iniciada ao final do Jurássico. A rotação diferencial dextral entre a América do Sul e a África em torno de um polo localizado próximo ao sul do Ceará, gerou na Província Borborema um regime de esforços com distensão norte-sul e compressão leste-oeste, propiciando o desenvolvimento de diversas bacias

rift, como é o caso do rift Potiguar, sob regimes transtensional e transpressional. (FRANÇOLIN; SZATMARI, 1987 apud CALDAS, 1998).

Segundo Matos (1992), a Bacia Potiguar foi implantada sobre as rochas do embasamento cristalino, aproveitando seu trend predominante de direção NE-SW durante o Eocretáceo, sendo o Sistema de Falhas de Carnaubais o principal sistema do Rift Potiguar. Por outro lado, Hackspacher & Oliveira (1984) associaram o Sistema de Falhas de Carnaubais a uma possível reativação da Zona de Cisalhamento de Portalegre, que atuou durante o Brasileiro. (MOURA-LIMA et al., 2011, p. 78-80).

O sentido do sistema de falhas supracitado comanda diversas formas marcantes do relevo da área como o curso dos Rios Mossoró e Açu, e planaltos como a Serra do Mel que tem orientação geral NE-SW. Outro importante sistema de falhas é o de Afonso Bezerra, com direção NW-SE. Moura-Lima et al. (2011) afirmam que esse sistema teria sido reativado no limite entre o Cretáceo e o Paleógeno, contudo até coberturas sedimentares quaternárias são afetadas por esta reativação. Maia e Bezerra (2013), por sua vez, afirmam haver reativação quaternária dos sistemas de falhas NE-SW e NW-SE nessa porção da Bacia Potiguar.

O par de sistemas de falhas de Carnaubais (de orientação NE-SW) e de Afonso Bezerra (de orientação NW-SE) é responsável por comandar diversas formas do relevo do Litoral Setentrional Potiguar. Essas formas têm se adequando à grabens, horts e domos dentre outras resultantes de manifestações epirogenéticas. A própria geometria do litoral de Caiçara do Norte-RN é comandada pela Falha de Carnaubais (CALDAS, 1998). O mesmo parece ocorrer a leste do delta do Rio Açu até a Ponta do Mel (Areia Branca-RN), que parece ter a geometria de sua linha de costa controlada pela Falha de Afonso Bezerra.

Bezerra et al. (1998) propuseram que a porção leste da Falha de Carnaubais nessa área esteve submetida a soerguimentos nos últimos 5 mil anos. A oeste dessa falha tem-se uma costa extremamente rebaixada, onde a cota 0 m avança 12 km ao interior, numa extensão de mais de 30 km de largura. Bezerra, Barreto e Suguio (2003) concluíram que entre 5 ka e 4,5 ka antes do presente, o nível do mar esteve cerca de 2,5 a 4 m acima do nível atual no Litoral Setentrional Potiguar, o que significa afirmar que, assim como o estuário do Rio Mossoró, todo o Delta do Açu tem menos de 4,5 mil anos. Até esse período, a área parece ter formado uma baía rasa ou mesmo várias lagunas separadas por ilhas barreira, que vêm sendo assoreadas pelo rio e pelas marés. A linha de costa nesse trecho está em progradação. Desde então, paleodunas posicionadas ao sul dessa planície flúvio-marinha (Figura 1) são um importante indicador da existência dessa paleobaía.

A área da planície flúvio-marinha do Rio Piranhas-Açu é de 222,89 km², ao contrário do estuário do rio Mossoró, essa área é deltaica, com pelo menos três canais estuarinos, e por isso é mais larga do que comprida quando visualizada no mapa. Chega a ter mais de 30 km de largura, por cerca de 14 km de comprimento. Trata-se de uma área com declividade muito próxima a zero. Em fotografia retirada nas margens da rodovia BR-406 é quase impossível verificar imperfeições no relevo ao horizonte, a área é amplamente ocupada pela atividade salineira, onde os tanques evaporadores e cristalizadores dominam a paisagem (Figura 3).



Figura 3 - Tanque cristalizador de sal em salina localizada às margens da rodovia BR-406 no Município de Macau-RN. No tanque é possível perceber uma lâmina de sal cristalizado, ao horizonte tem destaque o relevo extremamente plano, com declividade praticamente nula. No canto inferior esquerdo o contato com o solo da salina composto por argilas de coloração cinza escura. Foto retirada pelos autores, em 29/04/2012, mesmo sendo um mês dos mais chuvosos, tem destaque o céu limpo e a forte incidência dos raios solares na área.

Assim como na planície do Mossoró, as salinas que se instalaram nessa área aproveitaram principalmente as planícies hipersalinas (Figura 4), praticamente desprovidas de manguezais e onde o sal precipitava, naturalmente, quando as águas salgadas ficavam represadas nas lagunas, especialmente em marés de sizígia (COSTA et al., 2013).

A vazão média do Rio Piranhas-Açu estimada pela SEMARH/RN (1998) é de 24,56 m³/s por sobre os terrenos do cristalino. Atualmente, a vazão regularizada após a Barragem Armando Ribeiro Gonçalves é de 17 a 18 m³/s (CBH-PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU, online). Após esta barragem as águas do rio adentram aos permeáveis terrenos sedimentares, nos Municípios de Açu e Ipanguaçu e grande parte dessas águas é utilizada na agricultura, com destaque para o maior consumidor, o agronegócio de banana do Vale do Açu. Ao chegar à área flúvio-marinha, a contribuição de água doce é desprezível.

Larach, Pötter e Azevedo (1974) analisaram quatro amostras de solos de mangue em salinas dessa planície, duas delas tiveram solos classificados como mal drenados e as outras duas como muito mal drenados. Nas quatro amostras havia predominância das frações silte e argila, em relação à areia, a composição granulométrica da terra fina chegou a ser de 50% de argila e 46% de silte na Salina Dois Irmãos (LARACH; PÖTTER; AZEVEDO, 1974, p. 15).

A predominância de sedimentação de fração mais fina se deve à vazão inexpressiva de água doce. Na área das salinas, a contribuição de água doce fluvial é quase nula, pois essa se dispersa logo nos primeiros metros do emaranhado de canais da planície deltaica. A maior concentração de silte e argila se deve também à posição E-W na foz dos canais estuarinos, como já explicado, essa conformação geométrica da linha de costa diminui o transporte longitudinal de sedimentos e o assoreamento dos estuários por parte das dunas móveis. A principal fonte de sedimentação desde a transgressão de 5 mil anos atrás, nessa área que fora uma antiga baía holocênica, deve ter sido, portanto, de argilas marinhas. Boa parte delas de vazas oceânicas, o que explica a impermeabilização natural do solo.

O Delta do Piranhas-Açu tem três canais estuarinos denominados Conchas, Cavalos e Açu. No estudo de Silva, Miranda e Silva (2004) consta que no canal Conchas foram verificadas salinidades de 40,90 a 44,77 gramas de sal por quilograma de água, de forma crescente da foz para o interior, assim como em todos os outros estuários estudados pelos autores esse canal apresenta pouca estratificação vertical de salinidade que tende a aumentar com o confinamento da água, conforme se afasta do oceano, pois no canal das Conchas a fonte de água doce é quase nula.

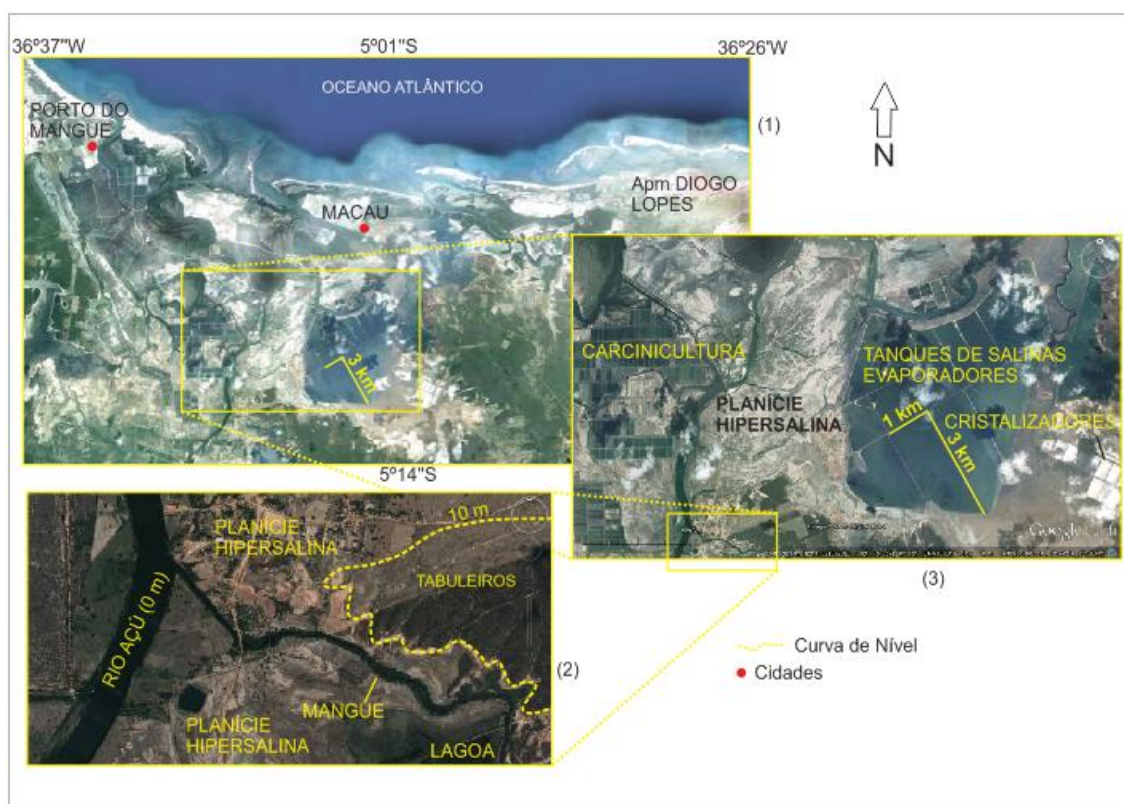


Figura 4 - Planície hipersalina do Rio Açu. Destaque para a grande largura da área (1); Rio Açu em cotas de 0 m a mais de 10 km da foz, estreito manguezal e ampla planície hipersalina (2); presença de tanques de evaporadores de salinas com 3 km x 1 km de dimensão (3); Existe uma pequena planície de maré (Apm) no distrito de Diogo Lopes em Macau, nela não foi registrada produção de sal (1). Fonte: Google Earth, imagem de 13/01/2011.

No canal dos Cavalos, a salinidade também é alta, variando de 40,44 a 44,12. Foi verificada pelos autores uma maior concentração de salinidade nas estações 2 e 3 que são intermediárias entre a foz e a fonte de água doce, essa que também foi considerada desprezível pelos autores.

No canal Açu, a salinidade verificada foi ainda maior, 40,65 a 50,79. O menor valor foi encontrado na desembocadura do canal e a maior em uma seção intermediária entre a foz e as seções mais ao interior (estação 3) que está localizada rio acima após alguns meandros, o que confirma a nossa ideia de que quando maior for o confinamento da água, maior também será a salinidade, especialmente, nessa que é a área de maior evaporação potencial de todo o litoral brasileiro com 2.591,4 mm por ano (INMET, 2009).

De modo geral, nos três canais estuarinos, a salinidade cresce para montante até cerca de 5-7 km distante da foz quando passa a decrescer, podendo ser classificados como hipersalinos.

Praticamente todos os condicionantes naturais apontam para a planície flúvio-marinha do rio Piranhas-Açu como sendo a áreas de maior potencial para a extração de sal marinho no Brasil, desde os aspectos climáticos abordados por Diniz (2013), passando por maiores taxas de salinidade, maior confinamento de águas salgadas, até sua maior extensão, menor declividade e maior impermeabilidade dos solos. A cidade de Macau, por exemplo, está localizada em uma ilha do delta, portanto, em área extremamente plana e facilmente inundável em cujo solo registra-se em vários lugares que o sal aflora na superfície dada sua alta concentração.

Em muitos momentos da história, essa área foi a maior produtora de sal marinho do Brasil, atualmente, as fazendas que produzem sal estão no território dos municípios de Macau e Porto do Mangue, onde foram produzidas em 2011 cerca de 1.400 mil t e 411 mil t de sal marinho, respectivamente (DNPM, 2012). Somadas as produções dos dois municípios, responderam por cerca de 40% do total do estado e por 37,5% do total nacional.

Até o ano da construção do Porto-Ilha de Areia Branca, Macau era o maior produtor nacional, por isso reivindicava seu próprio porto, contudo a maior força política e pujança econômica de Mossoró tem influenciado nos números da produção de sal marinho no Rio Grande do Norte.

A PLANÍCIE DE MARÉ DE GALINHOS-GUAMARÉ

A área dessa planície é formada por um canal que adentra o continente e se divide em outros mais. Ao formar um delta de maré enchente, as águas salinas inundam sazonalmente uma vasta área, a planície de maré ocupa ao todo uma área de 77,27 km² pertencente territorialmente aos Municípios de Galinhos e Guamaré. Os canais de maré, também chamados de gamboas, levam águas oceânicas continente adentro e essas se misturam a um pequeno aporte de água doce de origem principalmente freática, já que a drenagem fluvial se resume a pequenos cursos d'água que nascem bem próximo ao oceano, no baixo planalto da Serra Verde. Essa drenagem pode ser caracterizada como efêmera, a mistura das águas doce e salgada é suficiente para criar um ambiente estuarino, com a presença de manguezais, onde a salinidade é próxima à do mar. Nessa área também havia planícies hipersalinas, só que menos expressivas, o que se deve ao menor confinamento das águas salgadas em relação as outras áreas produtoras de sal do Rio Grande do Norte.

Geologicamente, o contexto desta área é semelhante ao da planície flúvio-marinha do Rio Açu, pois ambas passaram por processos semelhantes de formação nos últimos 5 mil anos, ou seja, essa também era uma área de reentrância da linha de costa quando da última transgressão holocênica. Esta área estaria separada da paleobaía do Rio Açu apenas pelo domo do Mangue Seco, que se encontraria ilhado num contexto de nível do mar a cerca de 4 metros acima do atual (BEZERRA; BARRETO; SUGUIO, 2003).

Caldas et al. (2006) têm outra interpretação para a evolução da planície de maré, em estudo realizado na área concluíram que a elevação máxima do nível do mar holocênico que ocorreu cerca de 5.900 anos AP, foi de apenas 1,3 m acima da máxima maré de sizígia atual e 2,9 m acima do atual nível médio do mar, o que seria suficiente apenas para a formação de uma laguna posicionada na retaguarda de ilhas barreira que, atualmente, encontram-se unidas ao continente, formando a restinga. A interpretação acima descrita é semelhante à que foi proposta por Lima (2004).

Na figura 5 é possível observar que, caso não houvesse a elevação do domo de Mangue Seco, a área da planície de maré de Galinhos-Guamaré estaria hoje unida ao delta do Rio Açu.

Na mesma figura é possível perceber ainda que a costa entre as planícies de Galinhos e do Rio Açu é extremamente rebaixada em relação ao seu entorno. Esse rebaixamento é reflexo dos sistemas das Falhas de Carnaubais e de Afonso Bezerra (VALENTIM DA SILVA et al., 2007). A planície de maré de Galinhos é menor que as planícies flúvio-marinhas dos Rios Mossoró e Açu, mesmo assim é bem maior que as outras áreas produtoras de sal na CSB, uma vez que ela chega a ter 23 km de largura e avança até 6 km continente adentro a partir da linha de costa.

No ano de 2011, Galinhos produziu 274 mil t de sal marinho e Guamaré produziu outras 25 mil t do produto, que somados respondem por cerca de 6,5% do total do estado e 6% do total nacional para o mesmo ano (DNPM, 2012).

Através de imagens de satélite, Lima (2004) identificou, diversas ondas de areia (sandwaves) na plataforma rasa adjacente à restinga de Galinhos, o que atesta o fraco transporte longitudinal da área. A restinga em questão é formada por sedimentos depositados pela ação eólica e de transporte longitudinal na retaguarda de três linhas de arenitos de praia (beachrocks) que são responsáveis por dissipar a energia e o poder erosivo das ondas. A cidade de Galinhos está inclusive situada na restinga, próximo a uma das pontas e na retaguarda de um dos lineamentos de beachrocks (ou arenitos de praia, ou ainda conforme Lima [2004] recifes praias).

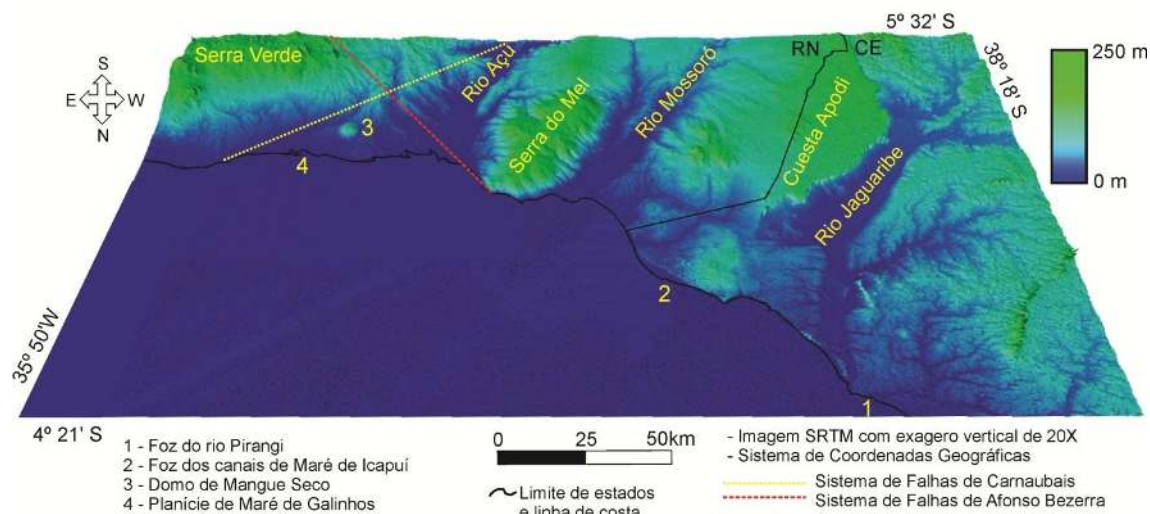


Figura 5 - Bloco diagrama 3D da Costa Branca (Costa do Sal) da Costa Semiárida Brasileira. Destaque para a costa bastante rebaixada entre a planície de maré de Galinhos e a planície flúvio-marinha do Rio Açu; e para o grande avanço da cota 0 m no interior do estuário do rio Mossoró.

A planície de maré de Galinhos tem sua forma atual condicionada pelo papel que a restinga exerce em proteger a área a sua retaguarda da ação erosiva do oceano. Toda a área da planície é de sedimentação, predominantemente oceânica, dado que os processos fluviais existentes na região são inexpressivos. No trabalho de Costa Neto (2009) quando foram feitas amostragens de sedimentos nos canais de maré, foram identificadas as classes texturais: areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina e silte, sendo que as fácies mais grosseiras ocorrem no centro dos canais de maré e as mais finas nas margens, já que no fundo dos canais só se depositam os sedimentos transportados por rolamento e saltação, e nas margens os sedimentos que são transportados em suspensão, devido à diminuição da velocidade da corrente.

Caldas et al. (2006) ao analisarem a sedimentação da “laguna” (lagoonal tidal sediments) identificaram na área a ocorrência de depósitos de planície de maré (tidal flat deposits) de argila verde-escura com 2,9 m de profundidade. Nelas foi registrada a presença de matéria orgânica com algumas conchas e cristais de halita. Esses sedimentos são responsáveis pela impermeabilização do solo, considerando que a salina de Galinhos está posicionada em uma planície de maré. Essas argilas devem ser semelhantes às que compõem seu solo.

A salinidade medida por Silva, Miranda e Silva (2004) variou de 41,19 a 46,75 nos canais de maré de Guamaré; e de 40,6 a 42,4 nas gamboas de Galinhos, com tendência de aumento de salinidade das estações mais próximas do oceano para as mais distantes em ambos os casos. A análise dos dados atesta a inexpressiva (quase inexistente) contribuição fluvial para o sistema, e a tendência de aumento da salinidade, conforme aumenta o confinamento das águas oceânicas no continente, podendo ser classificado como hipersalino.

Em Galinhos, a presença de manguezal é bem mais marcante do que nos estuários dos Rios Mossoró e Açu, pois nessa área a salinidade não supera os 42 gramas de sal por quilograma de água. A salina existente na área foi instalada no início da década de 1980 em área de manguezal.

De acordo com Costa Neto (2009), as áreas produtoras de sal marinho no Rio Grande do Norte são de “estuários inversos” ou “negativos”, já que a salinidade é crescente para montante, o que se deve ao forte déficit que existe entre o aporte de água doce e as altas taxas de evaporação da área, inclusive, o estuário do Rio Jaguaribe poderia ser incluído nessa mesma classificação.

A planície de maré de Galinhos-Guamaré é outra área de grande potencial para a produção de sal marinho, a terceira mais importante do Brasil. As únicas limitações à atividade salineira são o tamanho da área em relação às planícies do Mossoró e do Açu, a maior presença de manguezal na planície e sua distância em relação ao Porto-Ilha de Areia Branca, o transporte por terra também é um pouco mais difícil que nas outras áreas, já que as salinas estão posicionadas em ilhas da planície de maré.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram analisadas as condições que conferem a grande produtividade ao empreendimento salineiro na Costa do Sal e adjacências, em especial no estado Rio Grande do Norte. Empiricamente os produtores de sal marinho do Brasil perceberam o maior potencial produtivo desta área da costa brasileira, nela estão as maiores empresas produtoras de sal marinho que abastecem há décadas a maior parte do consumo nacional de sal.

Além dos fatores climáticos, muito semelhante em todas as áreas analisadas, os fatores determinantes da produção de sal marinho estão ligados a permeabilidade dos solos, a deposição de sedimentos das frações silte e argila, ao transporte longitudinal de sedimentos na linha de costa, ao assoreamento dos estuários pelas dunas móveis, a declividade das planícies, ao tamanho das áreas inundadas pelas marés e a salinidade natural das águas confinadas.

Na planície flúvio-marinha do rio Pirangi, a principal limitação à atividade salineira é devido a sua pequena área, o que dificulta o desenvolvimento de uma indústria salineira mecanizada. A maior vocação atual da área é para a atividade de carcinicultura que utiliza tanques menores.

A planície flúvio-marinha do Jaguaribe apresenta condicionantes pouco favoráveis à produção de sal marinho, entre eles ser muito estreita, ter solos muito permeáveis e apresentar uma boa vazão de água doce para o estuário, principalmente em anos de chuvas acima da média.

A planície de maré de Icapuí tem suas maiores potencialidades para produção de sal marinho na impermeabilidade dos solos e na facilidade de escoamento da produção. Sua maior limitação é sua pequena área de inundação, mesmo assim ela é a principal produtora de sal do estado do Ceará.

A planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró produz cerca de 49% do sal nacional, é a mais importante do Brasil. Sua alta produtividade deve-se ao clima seco, a impermeabilidade dos solos, a sua declividade extremamente suave e a magnitude de sua área inundável. Além desses fatores a atividade ganhou impulso com a construção do Porto-Ilha de Areia Branca.

A planície flúvio-marinha do rio Piranhas-Açu apresenta condições melhores para a produção de sal marinho que a planície flúvio-marinha do rio Apodi-Mossoró. Ela apresenta alta salinidade das águas confinadas, menor declividade, maior extensão e maior impermeabilidade dos solos. Essa área já foi a maior produtora de sal marinho do Brasil, atualmente, produz cerca de 37,5% do total nacional. O fato que provocou a estagnação da produção enquanto a planície vizinha (Apodi-Mossoró) continuou crescendo deve-se ao fato do Porto-Ilha construído em Areia Branca ser mais distante dessa planície que a do Apodi-Mossoró, dificultando um pouco mais o escoamento da produção.

A planície de maré de Galinhos-Guamaré apresenta grande potencial para a produção de sal marinho, sendo a terceira mais importante do Brasil, com condições semelhantes às áreas vizinhas. Os fatores limitantes são a menor extensão da área, uma maior presença de manguezal na planície e sua maior distância ao Porto-Ilha de Areia Branca.

Após a análise dessas áreas constatou-se que as planícies flúvio-marinhas dos rios Apodi-Mossoró e do Rio Piranhas-Açu e da planície de maré de Galinhos-Guamaré são as que apresentam maior potencial para produção de sal marinho. Nestas áreas: os solos são menos permeáveis; é menor o transporte longitudinal de sedimentos e o assoreamento dos estuários por parte das dunas móveis; a salinidade natural das águas é mais elevada; e é maior a deposição de sedimentos das frações silte e argila.

Podemos concluir ainda que o confinamento da água das marés no continente é fator determinante no potencial produtivo de planícies flúvio-marinha ou de maré. Por sua vez, o maior ou menor poder de confinamento da água marinha está ligado a três fatores: ao aporte de água doce continental; a declividade da planície e às características geomorfológicas de largura e comprimento das áreas inundadas pelas marés. Esse conjunto de fatores faz com que o confinamento se traduza em variações naturais de salinidade que também determinam a capacidade produtividade de sal dessas planícies.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AB'SÁBER, A. N. **Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical**. Coleção Geomorfologia, São Paulo v. 53, p. 1- 19, 1977.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Nordeste** – Abastecimento urbano de água: Alternativas de oferta de água para as sedes municipais da região nordeste do Brasil e do norte de Minas Gerais. Superintendência de planejamento e Recursos hídricos. Brasília/DF, 2006. 82p. disponível em: <www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/atlas.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2013
- BEZERRA, F. H. R. ; BARRETO, A. M. F. ; SUGUIO, K. . Holocene sea-level history on the Rio Grande do Norte State coast, Brazil. **Marine Geology**, Holanda, v. 196, n.1-2, p. 73-89, 2003.
- BEZERRA, F. H. R.; LIMA FILHO, F. P.; AMARAL R. F.; CALDAS, L. H. O.; COSTA NETO, L. X. Using beachrock and hydro-isostatic predictions to identify Holocene coastal tectonics in NE Brazil. In: Geol. Soc., London, Special Publication. (Org.). **Coastal Tectonics**. Stewart, I. and Vita-Finzi, C. (eds.). 146 ed. Londres: Geological Society, 1998, v. 146, p. 279-293.
- BORBA, A. L. S. **Estudos sedimentológicos, morfodinâmicos e da vulnerabilidade das praias da piedade, candeias e barra das jangadas – município do Jaboatão dos Guararapes-PE**. Recife, 1999. 146f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.
- CALDAS, L. H. O. **Estudo geológico e geofísico da falha de Carnaubais, Bacia Potiguar – RN, e implicações neotectônicas**. Natal, 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica). Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 1998.
- CALDAS, L. H. O.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. G.; MEDEIROS, W. E.; STATTEGGER, K.; VITAL, H. Geometry and evolution of Holocene transgressive and regressive barrier on semi-arid coast, NE Brazil. . **Geo-Marine Letters**, Amsterdam, 2006.
- CARVALHO, M. S. B. de S.; SOUZA, M. J. de; FREITAS FILHO, M. R. de; SOARES, A. M. L. Caracterização do uso e ocupação do estuário e entorno do rio Pirangi (CE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte: DPI/INPE, 2003. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.12.57.53/doc/13_173.pdf>. Acesso em: 08 maio 2013.
- CARVALHO NETA, M. de L. **Evolução geomorfológica atual e análise ambiental da foz do rio Jaguaribe, Ceará**. Fortaleza, 2007. 126f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- CAVALCANTE, A. A. **Aspectos da produção de sedimentos e seus efeitos na Gestão dos recursos hídricos no Baixo Vale do rio Jaguaribe – CE**. Fortaleza, 2001. Dissertação (Mestrado em Geografia). Mestrado Acadêmico em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2001.
- CBH-PIANCÓ-PIRANHAS-AÇÚ. Comitê da bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açú. **A bacia**. Disponível em: <http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/>. Acesso em: 05 jun. 2013.
- COSTA, D. F. S.; Silva, A. A. ; Medeiros, D. H. M. ; LUCENA FILHO, M.A. ; DE MEDEIROS ROCHA, R. ; LILLEBO, A. I. ; SOARE, A. M. . Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salineira no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). **Sociedade & Natureza** (UFU. Online) v. 25, p. 24-34, 2013.
- COSTA NETO, L. X. **Caracterização geológica, geomorfológica e oceanográfica do sistema Pisa Sal,**

- Galinhos/RN - Nordeste do Brasil, com ênfase à erosão, ao transporte e à sedimentação.** 2009. 291 p. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2009.
- DIAS, F. J. da S. **Hidrodinâmica das descargas fluviais para o estuário do rio Jaguaribe (CE).** Fortaleza, 2007. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Instituto de Ciências do Mar. Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- DINIZ, M. T. M. **Condicionantes socioeconômicos e naturais para a produção de sal marinho no Brasil:** as particularidades da principal região produtora. Fortaleza, 2013. 227f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2013.
- DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. Proposta de compartimentação em mesoescala para o litoral do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 3, p. 565-590, 2016.
- DNPM. Depto. Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2012.** Brasília: DNPM/DIPLAM, 2012.
- DNPM. Depto. Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral 2015.** Brasília: DNPM/DIPLAM, 2015.
- FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos; UECE. Universidade Estadual do Ceará. **Avaliação do uso potencial de áreas estuarinas a partir da identificação e caracterização do comportamento de variáveis hidro-climáticas, oceanográficas e ambientais** – estudos de caso: rio Pirangi-CE. Fortaleza: FUNCEME, 2007. Disponível em: <http://msg.funceme.br:8082/funceme/projetos-1/projetos-concluidos/projeto-pirangi/Pirangi.pdf/at_download/file>. Acesso em: 08 maio 2013.
- GODOY, M. D. P. **Mudanças na sedimentação do estuário do rio Jaguaribe (CE) devido a mudanças nos usos do solo.** Fortaleza, 2011. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais). Instituto de Ciências do Mar, Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jaguaribe:** Diretrizes gerais para a ordenação territorial. Salvador: IBGE, 1999. Luiz Carlos Soares Gatto (supervisor).
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.** Organizadores: Andrea Malheiros Ramos, Luiz André Rodrigues dos Santos, Lauro Tadeu Guimarães Fortes. Brasília, DF: INMET, 2009.
- LARACH, J. O.; PÖTTER, R. O.; AZEVEDO, F. D. de. **Investigações generalizadas sobre solos e fatores que influenciaram a produção salineira dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará.** Rio de Janeiro: Ministério da Indústria e do Comércio. Comissão Executiva do sal, 1974.
- LIMA, Z. M. C. **Caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, litoral setentrional do Rio Grande do Norte.** 2004. 157 p. Tese (Doutorado em Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2004.
- MACHADO, G. M. V. **Análise morfo-sedimentar da praia, antepraia e plataforma continental interna da linha de costa do Parque Nacional de Jurubatiba- RJ.** Rio de Janeiro, 2007. 170f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- MAIA, L. P. **Controle tectônico e evolução geológica sedimentológica da região da desembocadura do rio Jaguaribe – CE.** Recife, 1993. 144f. Dissertação (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1993.
- MAIA, L. P. **Procesos Costeiros y Balance Sedimentario ao lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil):** Implicaciones para una gestión adecuada de la zona litoral. Barcelona, 1998. 269 f. Tese (Doutorado em Ciências Del Mar), Facultat de Geologia – Universitat de Barcelona, Dep. D'Estratigrafia y Paleontologia, Barcelona, Espanha, 1998.
- MAIA, R. P. **Geomorfologia e neotectônica no vale do rio Apodi-Mossoró RN.** Natal, 2012. 218f. Tese (Doutorado em Geodinâmica). Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Tectônica pós-miocênica e controle estrutural de drenagem no rio Apodi-Mossoró, Nordeste do Brasil. **Boletim de Geografia** (Online), v. 31, p. 57-68, 2013.
- MAIA, R. P.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P. Evolução morfoestrutural dos compartimentos do relevo do baixo Jaguaribe – Ceará. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006,

- Goiânia, **Anais eletrônicos...** Goiânia: UGB, 2006. Disponível em: <<http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles/074.pdf>>. Acesso em: 08 maio 2013.
- MARINS, R. V.; LACERDA, L. D. de; ABREU, I. M.; DIAS, F. J. da S. Efeitos da açudagem no rio Jaguaribe. **Ciência Hoje**. V. 33, n. 197, p. 66-70, set. 2003.
- MEIRELES, A. J. A.; RAVENTOS, J. S.; THIERS, P. R. L. Aspectos geodinâmicos do delta de maré da planície costeira de Icapuí/CE. In: SILVA, J. B. da; DANTAS, E. W. C.; ZANELLA, M. E.; MEIRELES, A. J. de A. (orgs.). **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.
- MEIRELES, A. J. A.; SANTOS, A. M. F. dos. Evolução geomorfológica da planície costeira de Icapuí, extremo leste do Ceará, Nordeste do Brasil. **Geografia** (Rio Claro. Impresso), v. 36, p. 519-534, 2011.
- MOURA-LIMA, E. N. ; SOUSA, M. O. L. ; BEZERRA, F. H. R. ; CASTRO, David L. ; DAMASCENA, R. V. C. ; VIEIRA, M. M. ; LEGRAND, J. M. Reativação Cenozóica do Sistema de Falhas de Afonso Bezerra, Bacia Potiguar. **Geociências** (São Paulo. Online), v. 30, p. 77-93, 2011.
- MUEHE, D. O litoral Brasileiro e sua Compartimentação. In: CUNHA, S. B., GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.
- MUEHE, D. Geomorfologia Costeira. In: Guerra, A. J. T.; CUNHA, S. B (Orgs) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p. 253-308.
- PEULVAST, J. P. CLAUDINO SALES, V. Reconstruindo a evolução de uma margem continental passiva: um estudo morfogenético do Nordeste brasileiro. In: SILVA, J. B; LIMA, L. C; ELIAS, D. (Org.). **Panorama da geografia brasileira 1**. São Paulo: Annablume, 2006. 277-318p.
- SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará. **Demonstrativo das ações de ordenamento, controle e monitoramento ambiental da atividade de carcinicultura no estado do Ceará**. Fortaleza: SEMACE/SOMA, 2004.
- SEMARH/RN. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Rio Grande do Norte. **Plano Estadual de Recursos Hídricos: Relatório Síntese**. SERHID, 1998. Disponível em: <<http://www.semarh.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/semarh/legislacao/gerados/downloaddoplano.asp>>. Acesso em: 17 maio 2013.
- SILVA, C. A. R.; MIRANDA, L. B.; SILVA, G. de O. **Caracterização física, físico-química e química dos estuários Apodi, Conchas, Cavalos, Açú, Guamaré, Galinhos, Ceará-Mirim, Potengi, Papeba e Guaraíra**. RELATÓRIO FINAL: Físico-Química Marinha (Litoral Setentrional). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.
- SOUZA, M. J. N. de. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C., SOUZA, M. J. N. de, MORAIS, J. O. de. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; DOMINGUES, J. M. L.; FLEXOR, J.-M.; AZEVEDO, A. E. G. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 15, 1985.
- VALENTIM DA SILVA, D. R.; AMARO, V. E.; SOUTO, M. V. S.; PEREIRA, B. R. B.; SOUZA, D. S.; SOUZA, A. S. Imagens SRTM aplicadas à análise do comportamento morfo-tectônico da paisagem, como auxílio ao monitoramento ambiental no litoral setentrional do Rio Grande do Norte. In: 4 Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2007, Campinas-SP. **Anais...**, 2007.