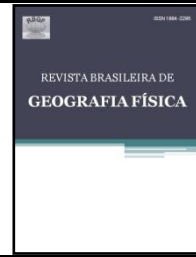




Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Variação Longitudinal da Salinidade do Estuário Hipersalino do Rio Apodi/Mossoró (Rio Grande do Norte, Brasil)

David Hélio Miranda de Medeiros¹; Andrea Almeida Cavalcante²; Lidriana de Souza Pinheiro³; Renato de Medeiros Rocha⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. Autor correspondente. E-mail: davidgeo.ambiental@yahoo.com.br

²Profª. do Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Ceará, Limoeiro do Norte, CE, Brasil. E-mail: andrea.cavalcante@uece.br

³Profª. do Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil. E-mail: lidriana@ufc.br

⁴Prof. do Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó, RN, Brasil. E-mail: renatoaico@yahoo.com.br

Artigo recebido em 04/02/2018 e aceito em 24/06/2018

RESUMO

Em regiões semiáridas e áridas a descarga de águas nos estuários é frequentemente temporária com grandes fluxos na estação chuvosa, seguidos de meses (5-10) de descarga insignificante, podendo torná-los hipersalinos. Esta pesquisa analisa a variabilidade espacial e temporal da salinidade da água no estuário do Rio Apodi/Mossoró (RN). Foram obtidos dados diários de salinidade, durante os períodos de preamar (2009 a 2013) em 7 estações distribuídas no canal estuarino principal; e dados de precipitação pluviométrica. Foi gerada uma matriz de dados para aplicação de testes estatísticos de análise multivariada e descritiva. As variações espaciais desse parâmetro foram significativas ($p < 0.001$), marcadas por elevação gradativa das concentrações no sentido à montante. Esse estuário foi classificado por zonas eurihalinas (pontos 1, 2, 3 e 5) e hiperalinas (pontos 4, 6 e 7), caracterizando um perfil inverso de estratificação horizontal da salinidade. A hipersalinidade apresentou-se dominante durante o segundo semestre anual, chegando a atingir níveis superiores a 70‰ entre os pontos 4, 5, 6 e 7. Portanto, nesse ambiente estuarino as águas marinhas exercem maior influência em relação a águas dulcícolas, visto que o balanço das águas deriva da interação de superiores níveis de evaporação em relação às taxas de precipitação e descargas fluviais.

Palavras-chave: semiárido; estuário hipersalino; Rio Apodi/Mossoró.

Salinity Longitudinal Variation of Hypersaline Estuary of the Apodi/Mossoró River (Rio Grande do Norte, Brazil)

ABSTRACT

In semi-arid and arid regions water discharge in estuaries is often temporary with large flows during rainy season, followed by months (5-10) of insignificant discharge, which may make hypersaline estuaries. This research analyzes the spatial and temporal variability of salinity in the Apodi/Mossoró river estuary. Daily salinity data were collected during periods of high tide (2009-2013) at 7 stations distributed in the main estuarine channel; and data of rainfall. Data set to application of statistical tests and multivariate descriptive analysis was generated. Spatial variations of this parameter were significant ($p < 0.001$), identified by a gradual increase in concentrations toward upstream. This estuary has been classified by eurihalinas zones (1, 2, 3 and 5) and hiperalinas (4, 6 and 7), featuring a horizontal stratification reverse profile of salinity. The hypersalinity had become dominant in the second half year, reaching levels above 70 ‰ (stations 4, 5, 6 and 7). Thus, in this estuarine marine waters exert greater influence over the freshwater, due high evaporation rates and low rainfall, therefore low flows.

Keywords : semiarid; hypersaline estuary; Apodi/Mossoró River.

Introdução

Os estuários são ambientes transicionais e importantes tanto do ponto de vista científico,

ambiental e econômico (Pinheiro, 2003). As forçantes para movimentos nesses ambientes são gerados por variações do nível do mar, pela descarga de água doce, pelo gradiente de pressão

devido à influência termohalina da salinidade sobre a densidade, pela circulação da plataforma continental e pela ação dos ventos (Miranda et al., 2012).

Em rios, estuários e sistemas lacustres a precipitação e evaporação exercem efeito direto no balanço hídrico do corpo d'água (Savenije e Pagès, 1992; Kjerfve et al., 1996; Valle-Levinson et al., 2001). Nas regiões tropicais semiáridas e áridas, a descarga de águas nos estuários é muitas vezes temporária com grandes fluxos na estação chuvosa, sendo seguidos de cinco a dez meses de descarga insignificante (período de estio), podendo torná-los hipersalinos durante grande parte do ano (Ridd e Stieglitz, 2002; Valle-Levinson e Schettini, 2016)

Os estuários tropicais muitas vezes são caracterizados pelo padrão de distribuição inverso da salinidade, com aumento das concentrações em direção ao interior. Portanto, a salinidade e densidade são maiores do que no oceano (Ridd e Stieglitz, 2002; Valle-Levinson, 2011).

Sob esse aspecto, se enquadram as zonas estuarinas da maioria dos rios do semiárido brasileiro, que são intermitentes, fluindo somente

durante a estação chuvosa, configurando o caso da forte penetração das águas de origem marinha pelos vales dos rios (Pinheiro e Morais, 2010). Nos estuários dessa região a descarga fluvial varia com os períodos sazonais, enquanto a influência marinha é condicionada aos fluxos e refluxos das marés. A evaporação e precipitação tem influência considerável sobre a distribuição do perfil longitudinal da salinidade (Miranda et al., 2012).

No Brasil foram realizados estudos científicos de substancial importância na determinação das condições ambientais reguladas pela influência hidroclimática do semiárido em zonas estuarinas (Pinheiro, 2003; Ramos Silva, 2004; Dias, 2005; Paula, 2006; Campos e Morais, 2007; Pinheiro e Morais, 2010; Morais e Pinheiro, 2011; Soares, 2012).

Todavia, torna-se necessário a realização de estudos com maior aporte de dados dos níveis de salinidade em estuários tropicais no Brasil. Portanto, este trabalho objetiva analisar a variabilidade espacial e temporal da salinidade das águas no estuário do Rio Apodi/Mossoró (RN).

Sob o domínio do clima semiárido (Nimer, 1989), a precipitação média da região é de aproximadamente 700 mm, com valores máximos e mínimos de 1.700 mm e 145 mm, respectivamente, sendo geralmente concentradas entre os meses de fevereiro a maio (RADAMBRASIL, 1981; de Medeiros Rocha et al., 2000). a insolação média anual é de 2.600 horas/ano e 7,22 horas/diárias (IDEMA, 2008).

Material e métodos

Área de estudo

O estuário do Rio Apodi/Mossoró apresenta uma área de aproximadamente 975 km² (Figura 1), localizado na microrregião de Mossoró, entre os municípios de Areia Branca, Grossos e Mossoró (IBGE, 1992).

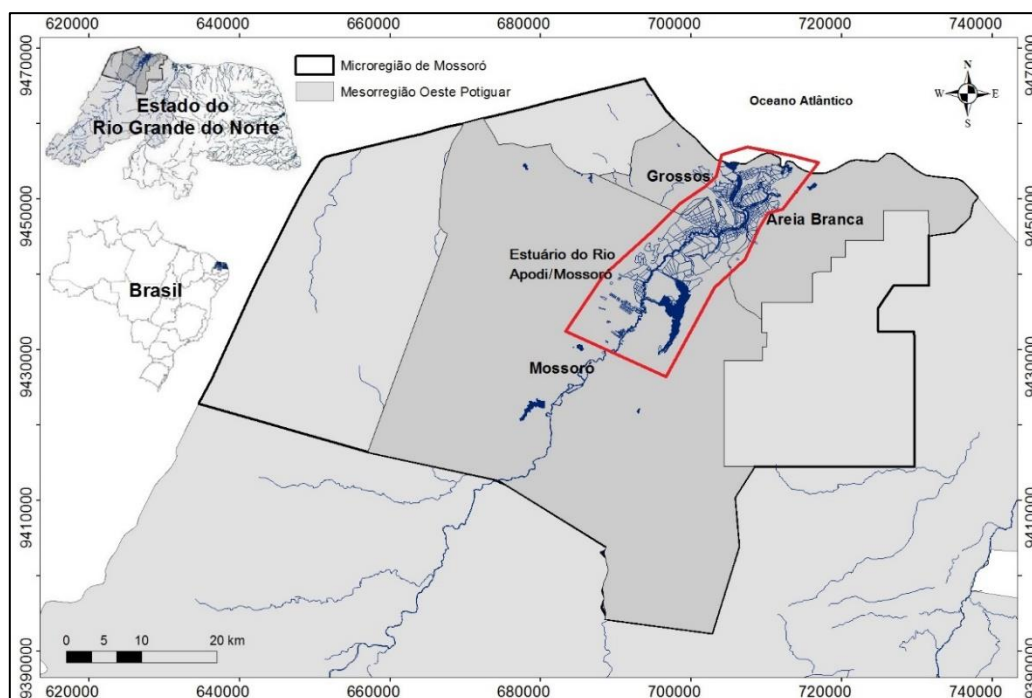


Figura 1. Localização do estuário do Rio Apodi/Mossoró (Rio Grande do Norte, Brasil).

Nessa área são encontradas extensas planícies nas margens do estuário, que alcançam até 10 km de extensão, sendo inundadas somente nas marés de sizígia. Isto resulta no gradativo aumento da salinidade pelo efeito da evaporação, contribuindo na formação de planícies hipersalinas (Medeiros et al., 2018).

Diante dessas condições ambientais, desde a colonização do Brasil, essas planícies foram ocupadas para a construção de salinas solares (Costa et al., 2013), e desenvolvimento de atividades de extração petrolífera, carcinicultura e turismo, entre outros (IDEMA, 2012).

Coleta, análise e interpretação de dados

A análise da variação longitudinal de salinidade do estuário foi realizada durante o

período de janeiro/2009 a dezembro/2013, a partir dos dados disponibilizados de 7 estações monitoradas por indústrias salineiras locais (Figura 2). O limite físico do estuário é a “Barragem Passagem de Pedras”, localizada a 43 km de distância da foz, com salinidade de 0 a montante e 10 ‰ a jusante (Medeiros, 2016).

Em cada estação, a salinidade (‰) foi medida diariamente por refratômetro digital na profundidade de 0,30 m durante períodos de preamar, totalizando 1.825 amostragens. A coleta dos dados foi realizada por técnicos das salineiras presentes ao longo do estuário, para o atendimento das condicionantes dos processos de licenciamento ambiental junto ao órgão de defesa sustentável do meio ambiente do Rio Grande do Norte – IDEMA (Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente).

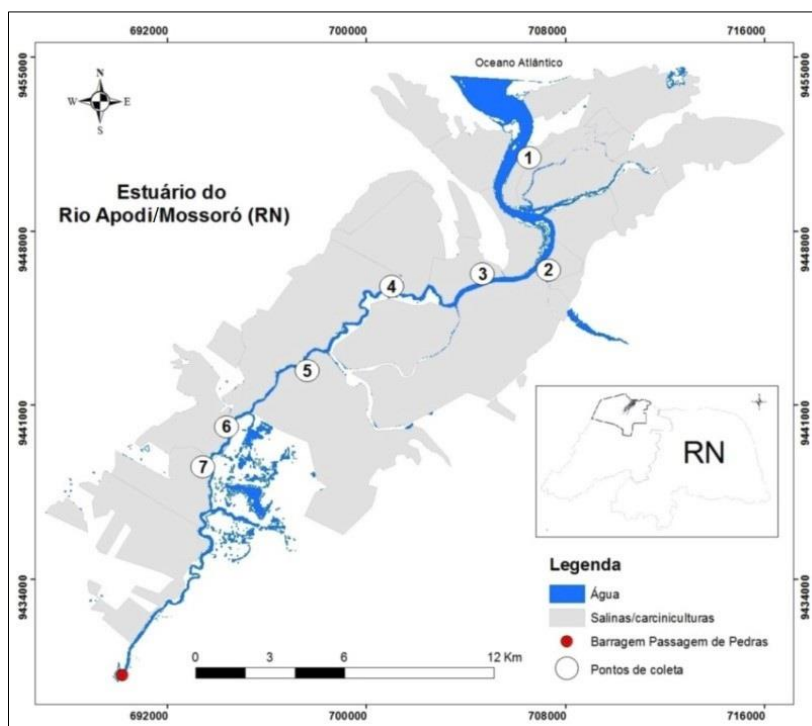


Figura 2. Localização das estações amostrais.

Os dados da pluviometria foram obtidos a partir dos postos de medições da EMPARN (Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte) nos municípios de Areia Branca, Grossos e Mossoró, para o período compreendido entre os anos de 2009 a 2013, tendo em vista que esse intervalo obedece ao período de monitoramento das concentrações do parâmetro salinidade (‰), ao longo do estuário do Rio Apodi/Mossoró.

Todavia, no tocante as séries históricas de dados empregados, a OMM (Organização Meteorológica Mundial) recomenda utilizar um mínimo de 30 anos em estudos de climatologia. Dessa forma, a fim de atribuir comparações com as

médias normais de chuvas, foram utilizados dados pluviométricos para período de 01/01/1984 a 31/12/2014, adquiridos junto a postos de monitoramento da ANA (Agência Nacional de Águas), CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), EMPARN, INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste).

A estatística descritiva foi utilizada para alcance da média geral, valores máximos e mínimos, desvio padrão e coeficiente de variação, para a avaliação da distribuição dos dados (normalidade). Os níveis de significância dos

valores obtidos das estações de coleta foram estabelecidos através da aplicação de técnicas de análises multivariadas, com base em uma matriz das variáveis, representada em dados quantitativos (Hardle e Simar, 2007). A fim de identificar a distribuição espacial desses parâmetros, efetuou-se a Análise de Agrupamento (Cluster Analysis), com o método de agregação de Ward e medida de distância euclidiana quadrática. A ANOVA foi utilizada para verificar as variações espaciais e temporais da salinidade. As análises estatísticas foram realizadas no programa STATISTICA v. 8.

A partir dessas informações foi observada a subdivisão sazonal estuarina, conforme proposto por Kjerve (1987): zona de maré do rio (ZR), compreendida como a parte de domínio fluvial, mas com influência da maré; zona de mistura (ZM), como a área de mistura das águas doces e marinhas; zona costeira (ZC), sendo a região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina. Destaca-se ainda que foi adotado a classificação das concentrações da salinidade em proposta no “Symposium of Brackish Water (1958)” (Esteves, 1998).

Resultados e discussão

Regime Pluviométrico

O regime pluviométrico da região é caracterizado pela maior concentração da precipitação no primeiro semestre do ano e por uma forte variação interanual. A estação chuvosa tem início no mês de janeiro e se prolonga até junho, concentrando aproximadamente de 92,5 % das chuvas anuais no município de Areia Branca, 89,8 % em Grossos e 92,2 % em Mossoró.

O quadrimestre mais chuvoso ocorre entre fevereiro a maio, com precipitações mais intensas

no mês de abril que também é marcado por as maiores amplitudes pluviométricas, seguido pelo mês de maio, conforme mostrado nos gráficos Box Plot (Figura 3). Por outro lado, o comportamento caracterizado pela distribuição irregular, define o 2º semestre como período de escassez, ainda maior no quadrimestre dos meses de setembro a dezembro, e com as menores amplitudes pluviométricas anuais.

Os anos de 2009 e 2011 se apresentaram relativamente bem chuvosos para as estações analisadas. Em 2009, no município de Areia Branca foram registrados 1.097,9 mm e 2011 com 824,1 mm; em Grossos, no ano de 2009 choveu 1.247,3 mm e 854,3 mm em 2011; já no município de Mossoró, ao longo do ano de 2009 o acumulado atingiu 899,6 mm e para o ano de 2011 ocorreu 882 mm.

Os anos de 2010 e 2013 apresentaram-se como muito secos, uma vez que os níveis acumulados dos postos de monitoramento ficaram abaixo de 542 mm.

O ano de 2012 foi marcado como o mais seco. Somente nos municípios de Areia Branca e Mossoró foram obtidos 127,6 mm e 143 mm, respectivamente; enquanto que no município de Grossos, as precipitações foram ainda mais baixas, atingindo um acumulado anual de 69 mm.

Salinidade das águas estuarinas

As variações espaciais da salinidade das águas foram significativas ($p < 0,001$), marcadas por elevação gradativa das concentrações estuário adentro, cujos valores e estatística descritiva estão listados na Tabela 1.

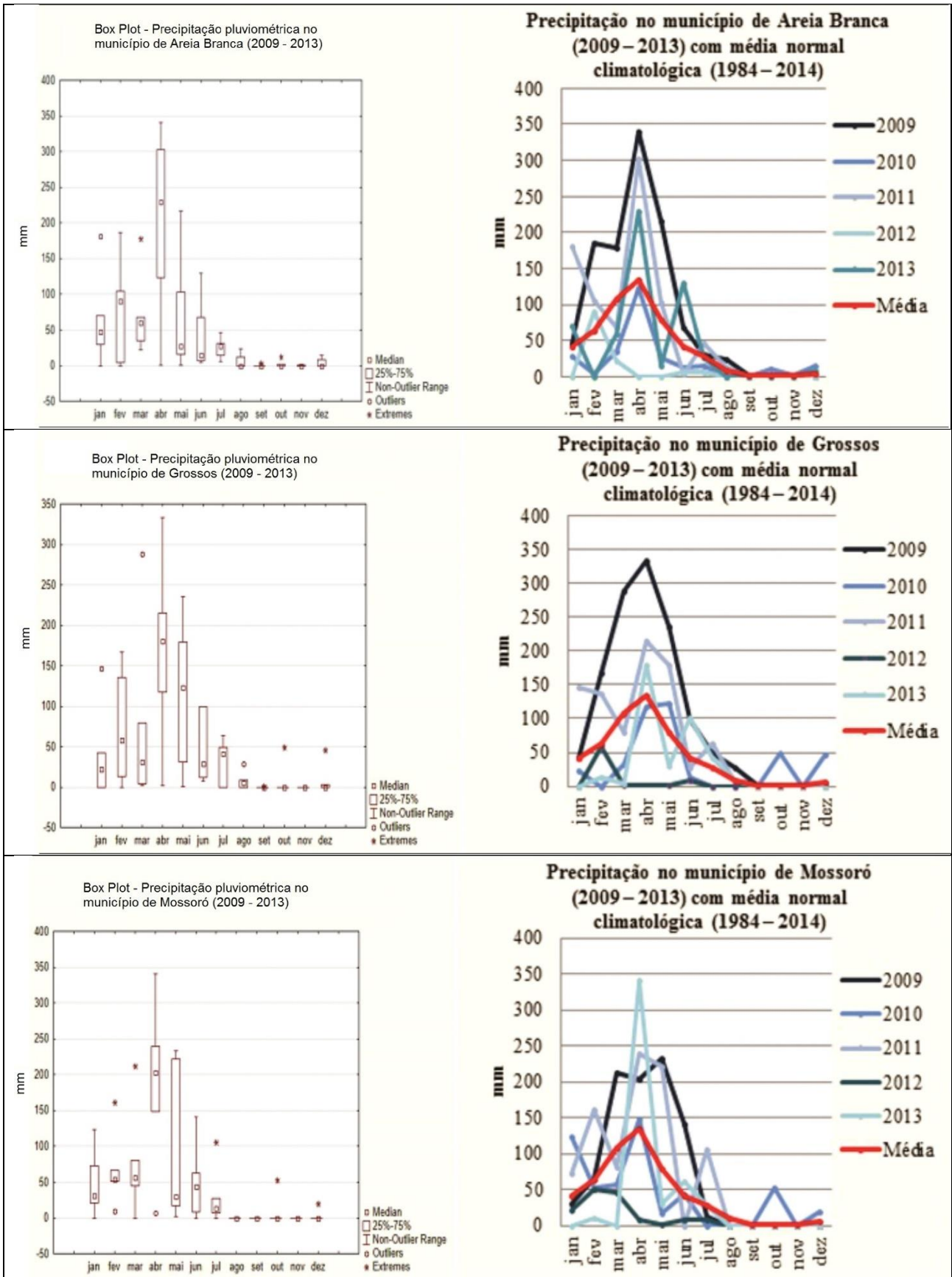


Figura 3. Acumulado pluviométrico mensal (mm) entre os anos de 2009 a 2013 nos municípios de Areia Branca, Grossos e Mossoró.

Tabela 1. Estatística descritiva demonstrando variações da salinidade (‰) nos pontos amostrados ao longo do estuário do Rio Apodi/Mossoró. N - Número de amostras; Méd = média aritmética; Min - valor mínimo encontrado; Máx - valor máximo encontrado; V - Variância; DP - Desvio Padrão; CV - Coeficiente de Variação; EP - Erro Padrão.

| Ponto de coleta | Distância da foz (km) | N | Méd | Min | Máx | V | DP | CV | EP |
|-----------------|-----------------------|------|------|-----|-----|--------|-------|-------|------|
| 1 | 3,6 | 1825 | 35,6 | 2 | 42 | 46 | 6,78 | 19,07 | 0,87 |
| 2 | 10,2 | 1825 | 39,3 | 5 | 58 | 87,02 | 9,33 | 23,74 | 1,20 |
| 3 | 12 | 1825 | 34,6 | 10 | 46 | 98,7 | 9,94 | 28,7 | 1,28 |
| 4 | 17 | 1825 | 43,5 | 6 | 83 | 301,16 | 17,35 | 39,9 | 2,24 |
| 5 | 24 | 1825 | 38,9 | 0 | 71 | 555,76 | 23,57 | 60,5 | 3,04 |
| 6 | 27,7 | 1825 | 40,7 | 0 | 78 | 674,67 | 25,97 | 63,77 | 3,35 |
| 7 | 30,1 | 1825 | 40,5 | 0 | 80 | 688,6 | 26,24 | 64,66 | 3,39 |

As concentrações da salinidade apresentaram coeficientes de variações superiores a 60 % para os pontos 5, 6 e 7 (Tabela 1), e com elevada amplitude para o ponto 4 (Figura 4). Essas informações testemunham o padrão adverso de concentração da salinidade nessa zona, proveniente do balanço de entrada no sistema por águas

fluviais, precipitação e marés; e de saída por evaporação/evapotranspiração.

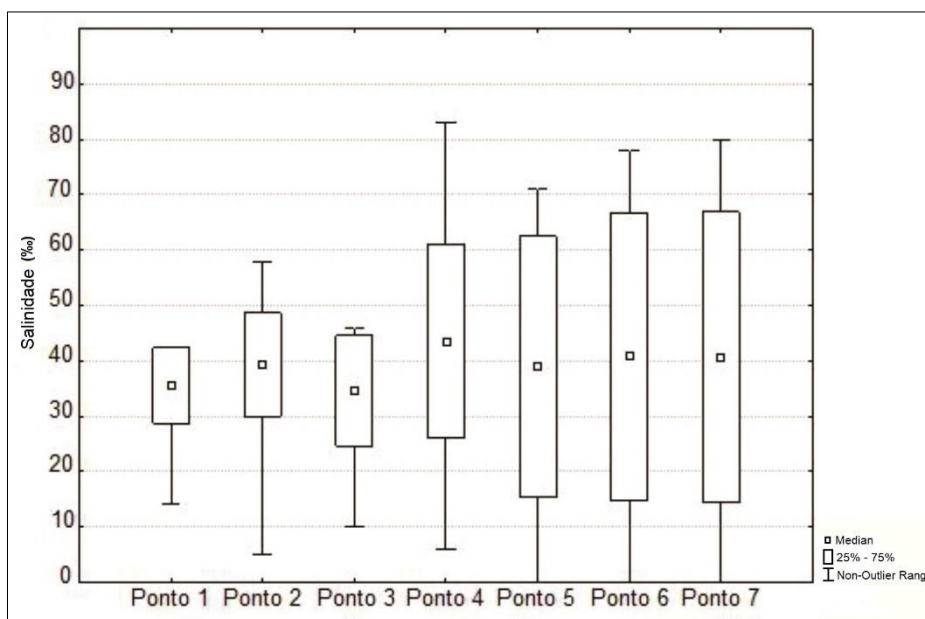


Figura 4. Gráfico Box-Plot estatística descritiva dos dados de salinidade (‰).

Nesse sentido, infere-se que o cisalhamento das correntes do fundo tende a produzir turbulência, fazendo com que o fluxo estuário acima seja capaz de desfazer completamente a haloclina. Dessa forma, o transporte vertical de sal é desprezível, predominando a ocorrência do processo de mistura, primordialmente na direção longitudinal, gerando um padrão inverso de estratificação da salinidade

com tendência de acréscimo em sentido à montante (Kjerfve et al., 1996; Ridd e Stieglitz, 2002; Pinheiro, 2003; Miranda et al., 2012).

Na variabilidade salina, a configuração da drenagem ao sistema estuarino ratifica a presença de canal efêmero situado próximo a estação 2 (Figura 5). Pela presença desse, infere-se a uma ligeira influência sobre as alterações dos níveis de sais para esse trecho estuarino.

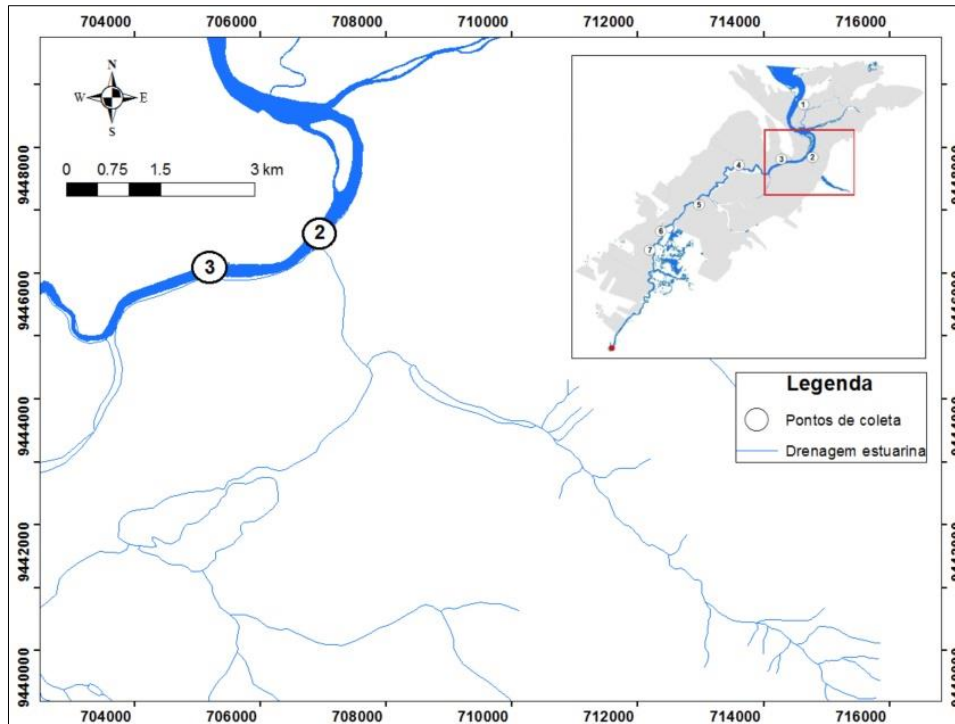


Figura 5. Drenagem estuarina com destaque para presença de canal efêmero próximo a estação 2.

A estação 4 está localizada em um trecho sinuoso, caracterizado por Maia e Bezerra (2012) como parte das anomalias de drenagem encontradas nesse rio, ligadas a ocorrência de falhas que afetam as coberturas cenozoicas, e portanto, as condições de depósitos (Figura 6).

As águas em atrito com as margens côncavas tende a diminuir a velocidade, porém

permanecendo vulnerável a sazonalidade climática, que pelos intensos processos de evaporação e predomínio das águas marinhas, permite o aumento da concentração de sais. Em contrapartida ocorre maior diluição quando dos maiores aportes temporários de águas continentais ao sistema.

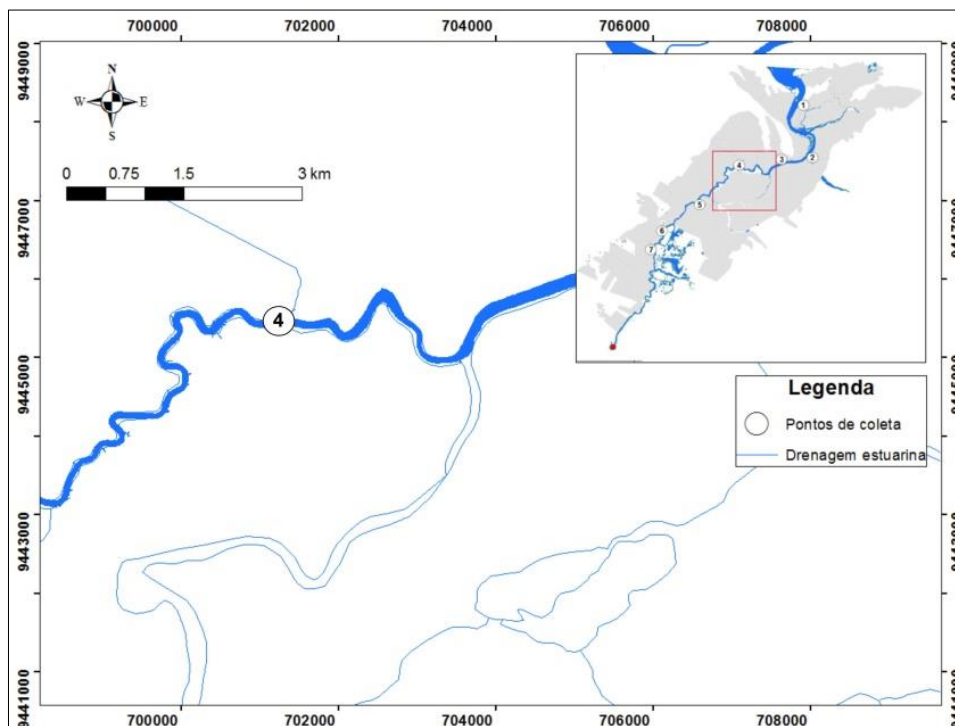


Figura 6. Estação 4 com destaque para a sinuosidade do trecho.

Com relação à aplicação de testes multivariados a partir de uma matriz de dados da salinidade dos pontos analisados, notou-se a ocorrência de um perfil de estratificação horizontal

desse parâmetro, que foi caracterizado por agrupamento espacial através do método de agregação de Ward pela medida de distância euclidiana quadrática (Figura 7).

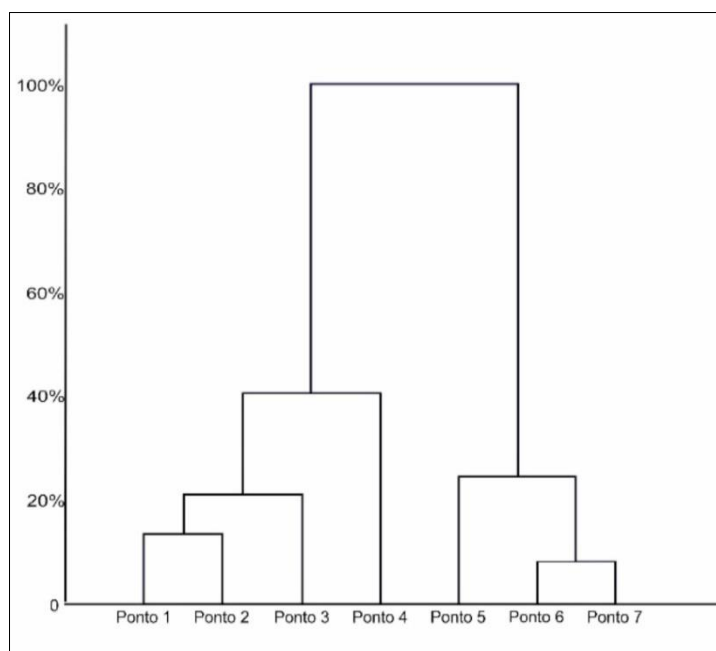


Figura 7. Análise de agrupamento por distância euclidiana realizada a partir das variações da salinidade da água no estuário do Rio Apodi/Mossoró.

Considerando uma taxa aproximada de 25 %, a análise de agrupamento mostrou o arranjo entre os pontos 1, 2 e 3; os pontos 5, 6 e 7, constituíram outra relativa disposição espacial e temporal entre os níveis da variável salinidade. Somente a partir de 40% do universo da matriz de dados, o ponto 4 apresentou maior aproximação com o grupo da porção inferior do estuário em estudo (1, 2 e 3).

Variação da salinidade das águas em função da pluviometria no ambiente estuarino

O ano de 2009, que foi caracterizado por maior ocorrência de chuvas, mostrou maior diluição das águas salinas pela drenagem continental afluente ao estuário. A zona de mistura se estendeu desde a foz até a estação amostral 4, perfazendo um eixo longitudinal de aproximadamente 17 km.

Entre os anos de 2009 e 2011 houve uma tendência de diminuição dos níveis de salinidade média do estuário pela intensificação da quadra chuvosa (Figura 8). No ano de 2010, tais reduções foram mais perceptíveis para os pontos 5, 6 e 7 (Figura 9).

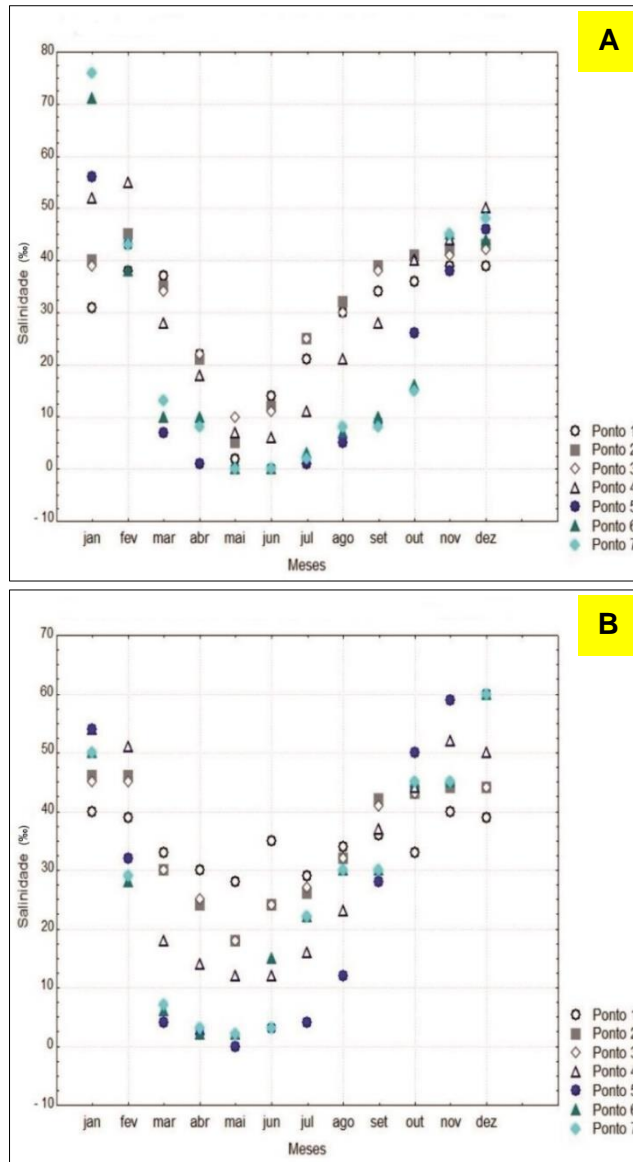


Figura 8. Dispersão das concentrações de salinidade (‰) durante os anos de 2009 (A) e 2011 (B) ao longo do estuário do Rio Apodi/Mossoró.

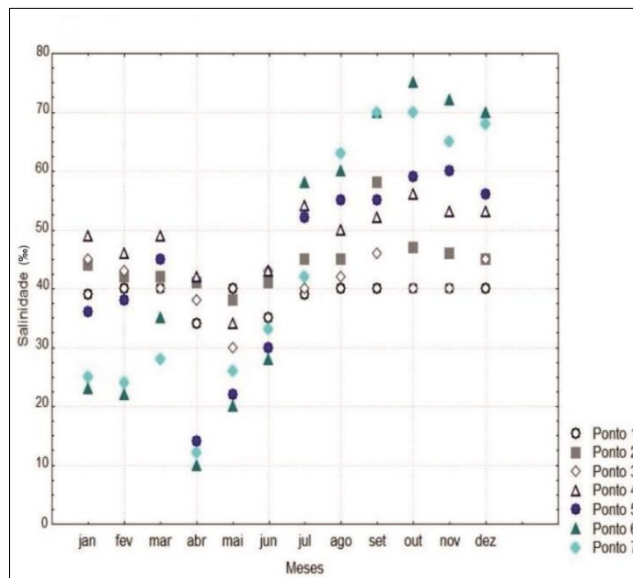


Figura 9. Dispersão das concentrações de salinidade (‰) durante o ano de 2010 ao longo do estuário do Rio Apodi/Mossoró.

Por outro lado, no ano de 2012 essa disposição para flutuação dos níveis mensais da salinidade somente se repetiu com maior expressão na estação amostral 3, visto que os demais pontos monitorados permaneceram com resultados superiores a 30 ‰. O ano de 2013 foi caracterizado por acentuadas variações das médias mensais, sobretudo para os pontos 4, 5, 6 e 7, como pela constância de taxas mensais superiores a 50 ‰ para essas respectivas estações (Figura 10).

Como provável consequência das condições climáticas mais severas ocorridas entre

os anos de 2012 e 2013, houve uma tendência das concentrações acima de 70 ‰ para as estações 6 e 7, e sendo registrado o valor máximo de 83 ‰ no ponto 4, entre os meses de março - abril/2013.

No predomínio de baixos índices pluviométricos elevam-se as taxas de evaporação, como ocorrido nos anos de 2012 e 2013, influenciando ao aumento da salinidade, e caracterizando grande parte do sistema como hipersalino (Figura 11).

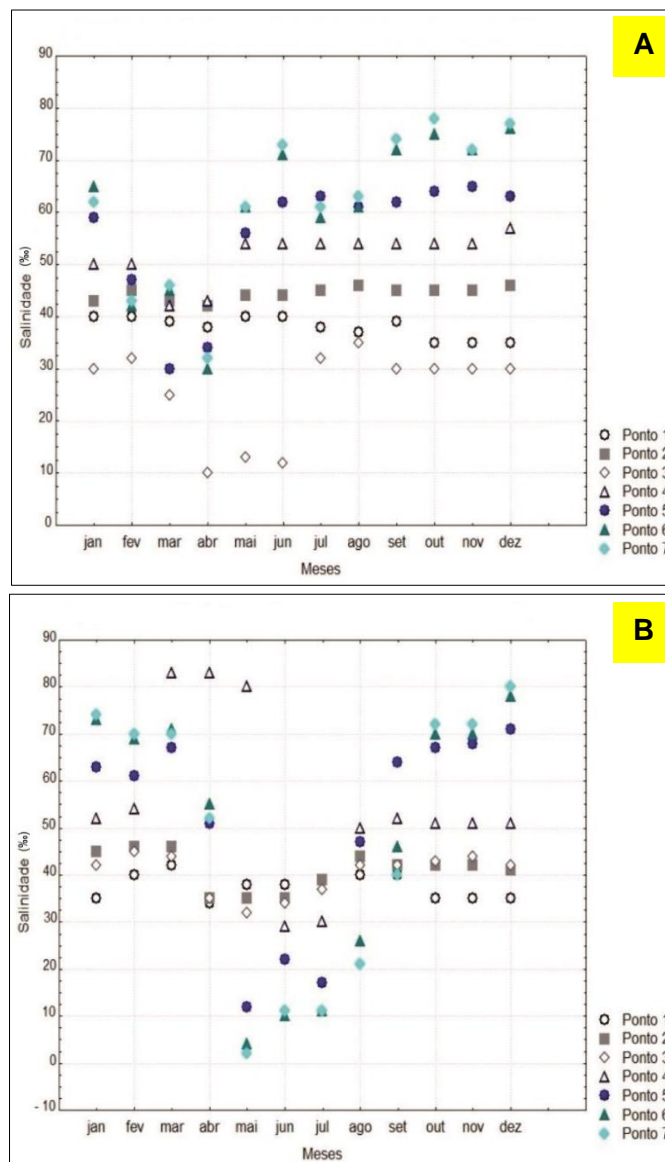


Figura 10. Dispersão das concentrações de salinidade (‰) durante os anos de 2012 (A) e 2013 (B) ao longo do estuário do Rio Apodi/Mossoró.

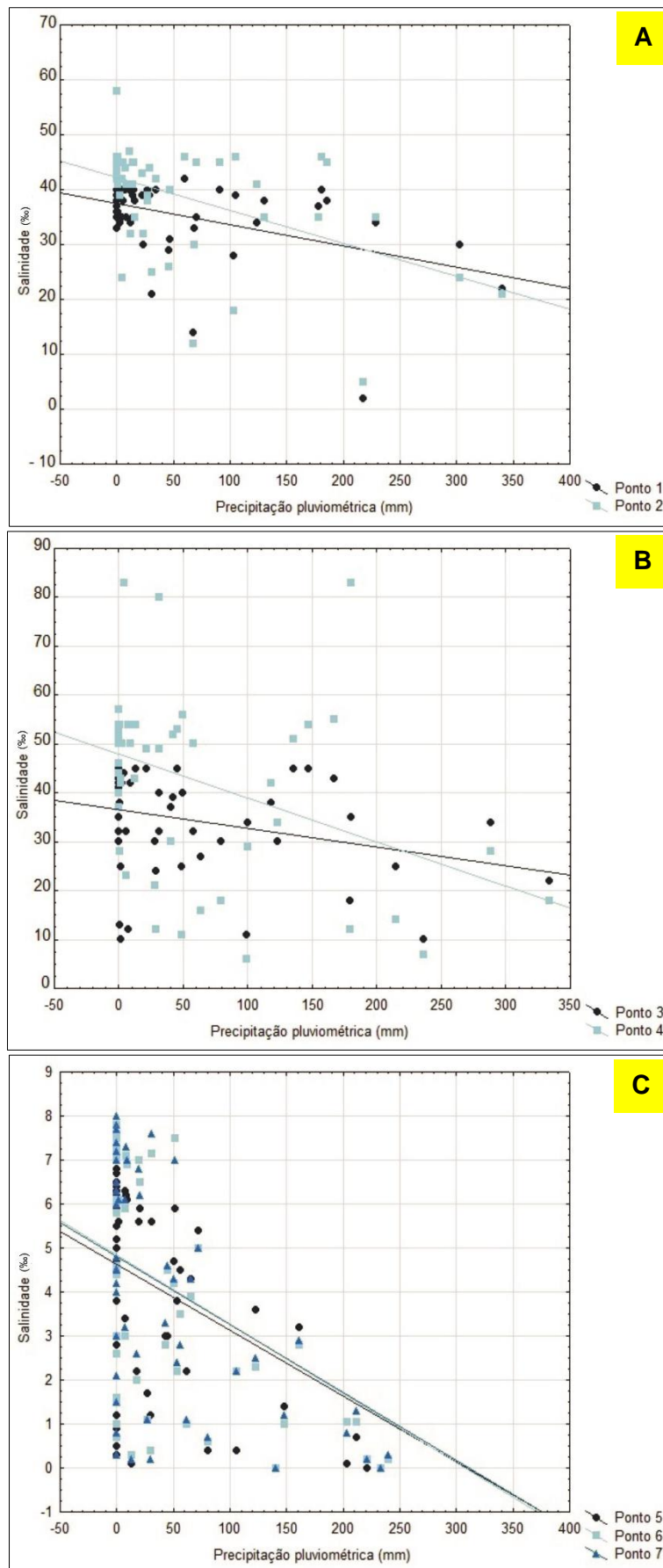


Figura 11. Dispersão das concentrações de salinidade (%) nos pontos 1 e 2 (A); 3 e 4 (B); 5, 6 e 7 (C) em relação as variações das precipitações pluviométricas (mm), entre os anos de 2009 a 2013, ao longo do estuário do Rio Apodi/Mossoró.

Esse estuário variou de concentrações médias que classificam, durante o quadrimestre anual mais chuvoso (fevereiro a maio), como eurialhalino para os pontos 1, 2 e 3; mixopolihalino os pontos 5, 6 e 7. Durante o quadrimestre mais seco todos os pontos se mostraram com concentrações hipersalinas ($> 40 ‰$), exceto o ponto 1 classificado como eurialhalino ($37 ‰$).

O ponto 4 permaneceu com concentrações médias hipersalinas durante todo o período anual, caracterizando como trecho de zona máxima da salinidade no interior do estuário e corroborando o caso da inversão longitudinal de concentração desse parâmetro, assim como observado por Ridd e Stieglitz (2002) em estuários sob regime árido no norte da Austrália.

O predomínio anual da hipersalinidade também foi observado em outros rios do Rio Grande do Norte por Ramos Silva (2004), nos estuários Assú, Conchas e Cavalos, e por Santiago (2004) no estuário do Rio Pisa Sal. Pinheiro (2003) e Dias (2005), estudando os estuários do Rio Mal Cozinhado (CE) e Timonha (CE), respectivamente, caracterizaram esses sistemas como (mixo) polihalino ($18 < 30 ‰$) durante o período de

Conclusões

As concentrações médias gerais de salinidade no estuário do Rio Apodi/Mossoró foram acima de $34 ‰$, caracterizando esse estuário por zonas eurialhalinas (pontos 1, 2, 3) e hipersalinas (pontos 4, 6 e 7), além de indícios de hipersalinização no ponto 5.

Todavia, a hipersalinidade apresenta-se dominante durante o segundo semestre anual, chegando a atingir níveis superiores a $70 ‰$ entre os pontos 4, 5, 6 e 7. Ainda cabe destacar que o ponto 4 permaneceu com concentrações médias hipersalinas durante todo o período anual, caracterizando como trecho de zona máxima da salinidade no interior do estuário, corroborando o caso da inversão longitudinal de concentração desse parâmetro.

A distribuição das zonas (maré do rio, mistura e costeira) no interior do estuário do Rio Apodi/Mossoró (RN) são potencialmente forçadas pela ação das marés salinas, que restringiram a ocorrência da zona do rio durante praticamente todo período analisado. Apenas com aumento exato da descarga fluvial ao sistema é que se torna estabelecida a condição clássica de zona de mistura no estuário, diminuindo momentaneamente as concentrações de salinidade e atingindo classificações oligohalinas.

chuvas, enquanto que durante o estio, ambos foram caracterizados pela inversão longitudinal da salinidade e alta vulnerabilidade a hipersalinização.

Por outro lado, ainda no contexto de rios sob domínio climático semiárido, foram observados comportamentos diferentes. No estuário do Rio Jaguaribe (CE), Paula (2006) constatou o comportamento heterogêneo variando oligohalino ($0,5 < 5 ‰$) e mixoeurialhalino ($> 30 ‰$) nos momentos de maior pluviosidade, enquanto que no estio esse estuário foi classificado como eurialhalino ($30 < 40 ‰$). No estuário do Rio Curú (CE), Quintela (2008) analisando a distribuição horizontal média da salinidade no período de chuva e de estiagem, constatou que o estuário é do tipo (mixo) polihalino e eurialhalino, respectivamente.

Campos e Moraes (2007) no estuário do Rio Pirangi (CE), notaram que durante o período chuvoso esse rio comporta-se como um sistema mixohalino ($0,5 < 30 ‰$) nos trechos próximos a foz, enquanto que no alto estuário é formado exclusivamente por água doce. Todavia, no período de estiagem esse ambiente apresenta tendência homogênea das concentrações de salinidade, assumindo perfil mixohalino.

Tais conformações corroboram com as chuvas como forçante vinculada à descarga fluvial, que apresenta-se como fundamental ao balanço das águas, uma vez que suas maiores intensidades permitem conter o avanço das águas marinhas e suprimir os efeitos pontuais da hipersalinização sobre a área estuarina. Durante os períodos de estiagem, a vazão fluvial é drasticamente reduzida e o sistema tende a permanecer hipersalino, uma vez que a água do mar é adveçada para o interior do estuário pelas correntes de maré.

Portanto, nesse ambiente estuarino as águas marinhas exercem maior influência em relação a águas dulcícolas, conformando um estuário dominado por marés. Essa feição é caracterizada pelo baixo influxo, visto que o balanço das águas deriva da interação de superiores níveis de evaporação em relação às taxas de precipitação e descarga fluviais.

Ainda cabe destacar os satisfatórios resultados obtidos a partir dos procedimentos estatísticos adotados, que mostraram significativas variações ao longo do canal estuarino principal, propondo a organização espacial por compartimentos com características particulares de concentração de salinidade. Dessa forma, recomenda-se a aplicação dessa estratégia metodológica para realização de estudos em ambientes fluviomarinhos.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia – PropGeo/UECE e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado para o primeiro autor. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais – PPGCMT/UFC e a CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado para o primeiro autor. Ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa para terceira autora. Ao SIESAL – Sindicato da Indústria de Sal e ERA – Empresa de Recuperação Ambiental pela disponibilização dos dados para realização da presente pesquisa.

Referências Bibliográficas

- Campos, J.N.B., Morais, J.O., 2007. 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. FUNCEME, Fortaleza.
- Costa, D.F.S., Silva, A.A., Medeiros, D.H.M., Lucena Filho, M.A., De Medeiros Rocha, R., 2013. Breve revisão sobre a evolução histórica da atividade salinera no estado do Rio Grande do Norte (Brasil). *Sociedade & Natureza* 25, 21 – 34.
- De Medeiros Rocha, R., Barbora, J.E.L., Watanabe, T., Souto, F.J.B., 2000. 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* 15, 7-26.
- Dias, C.B., 2005. Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba (Ceará – Brasil): condições ambientais. Dissertação (Mestrado). Fortaleza, UFC.
- Esteves, F.A., 1998. Fundamentos de limnologia, 2 ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- Hardle, W., Simar, L., 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*, 2 ed. Springer, Berlin.
- IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio ambiente do Rio Grande do Norte, 2008. Perfil do seu município 2008: Areia Branca. Natal.
- IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, 2012. Perfil do Rio Grande do Norte. Natal.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1992. Censo demográfico 1991: resultados preliminares. Rio de Janeiro.
- Kjerfve, B., 1987. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography, in: Day Jr., Hall, C.H.A.S., Kemp, W.M., Yáñez-Aranciba, A. (Org.), *Estuarine Ecology*. Wiley, New York, pp. 47-78.
- Kjerfve, B., Schettini, C.A.F., Knoppers, B., Lessa, G., 1996. Hydrology and salt balance in a large, hypersaline coastal lagoon: Lagoa de Araruama, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 42, 701-725.
- Maia, R.P., Bezerra, F.H.R., 2012. Geomorfologia e neotectônica da bacia hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró – NE/Brasil. *Mercator* 11, 209-228.
- Medeiros, D.H.M., 2016. Ambientes hipersalinos no litoral semiárido brasileiro: zona estuarina do Rio Apodi – Mossoró (RN). Dissertação (Mestrado). Fortaleza, UECE.
- Medeiros, D.H.M., Cavalcante, A.A., Pinheiro, L.S., 2018. Respostas dos padrões de sedimentação e hipersalinidade na cobertura vegetal de planície estuarina sob influência da semiaridez. *Geosul* 33, 70-84.
- Miranda, L.B., Castro, B.M., Kjerfve, B., 2012. Princípios de oceanografia física de estuários, 2 ed. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Morais, J.O., Pinheiro, L.S., 2011. The effect of semi-aridity and damming on sedimentary dynamics in estuaries - Northeastern region of Brazil. *Journal of Coastal Research* 64, 1540-1544.
- Nimer, E., 1989. *Climatologia do Brasil*, 2 ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- Paula, D.P., 2006. Elaboração de Paisagens Contíguas ao Estuário do Rio Jaguaribe-CE. Dissertação (Mestrado). Fortaleza, UECE.
- Pinheiro, L.S., 2003. Riscos e Impactos Ambientais no Estuário do Rio Malcozinhado, Cascavel-CE. Tese (Doutorado). Recife, UFPE.
- Pinheiro, L.S., Morais, J.O., 2010. Interferências de barramentos no regime hidrológico do Estuário do Rio Catú-Ceará-Nordeste do Brasil. *Sociedade & Natureza* 22, 237-250.
- Quintela, T.O.F., 2008. A dinâmica ambiental do estuário do Rio Curu – CE: subsídios para o monitoramento e gerenciamento da área de proteção ambiental. Dissertação (Mestrado). Fortaleza, UECE.
- RADAMBRASIL. Projeto RADAMBRASIL, 1981. Levantamento de Recursos Naturais/Geologia/Geomorfologia/Pedologia/Vegetação/Uso Potencial da Terra: Folhas SB. 24/25 – Jaguaribe/Natal. Rio de Janeiro.
- Ramos Silva, C.A., 2004. Caracterização física, físico-química e química dos estuários Apodi, Conchas, Cavalos, Açú, Guamaré, Galinhos, Ceará-Mirim, Potengi, Papeba e Guaraíra. IDEMA, Natal.

- Ridd, P.V., Stieglitz, T., 2002. Dry season salinity changes in arid estuaries fringed by mangroves and saltflats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 1039–1049.
- Santiago, M.F., 2004. Ecologia do fitoplâncton de um ambiente tropical hipersalino (Rio Pisa Sal, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil). 2004. Dissertação (Mestrado). Recife, UFPE.
- Savenije, H.H.G., Pagès, J., 1992. Hypersalinity: a dramatic change in the hydrology of Sahelian estuaries. *Journal of Hydrology* 135, 157-174.
- Soares, C.H.C., 2012. Análise hidrodinâmica e morfodinâmica do complexo estuarino do Rio Piranhas-Açu/RN, Nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado). Natal, UFRN.
- Valle-Levinson, A., Delgado, J.A., Atkinson, L.P., 2001. Reversing Water Exchange Patterns at the Entrance to a Semiarid Coastal Lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 53.
- Valle-Levinson, A., 2011. Classification of Estuarine Circulation, in: Wolanski, E.; Mcluskay, D.S. (Org.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science*. Academic Press, Waltham, pp. 75–86.
- Valle-Levinson, A., Schettini, C.A., 2016. Fortnightly switching of residual flow drivers in a tropical semiarid estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169, 46 – 55.