

AVALIAÇÃO DA INFLUENCIA DA MARÉ SOBRE OS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA DO RIO COCÓ NA REGIÃO DA SABIAGUABA (FORTALEZA-CE)

Ana Lúcia Eufrázio Romão¹

Aristides Pavani Filho²

Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu³

Elini Alves Oliveira de Sousa⁴

Conservação e Educação de Recursos

Resumo

Sabiaguaba é uma área que abriga um complexo ecossistema composto por uma ampla faixa de praia, uma teia de dunas, planícies fluvio-marinhas, região de inundação sazonal, lagoas interdunares e vegetação de mangue. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a influência do regime de marés sob os parâmetros físico-químicos das águas do rio Cocó na região da Sabiaguaba. A coleta de dados de (temperatura, condutividade elétrica, pH, resistividade, densidade, sólidos totais dissolvidos e salinidade) foram determinados *in situ* através da utilização de Sonda multiparamétrica Aqual Troll 400 e a análises dos dados realizada pelo método ANOVA com intervalo de confiança (IC) a 95%. No estudo realizado foi possível verificar que os parâmetros de pH, temperatura, pressão e densidade variaram conforme alteração no nível de maré. As análises estatísticas permitiam inferir que há diferença significativa entre as medidas realizadas sob influência da maré baixa, média e alta. A condutividade, o teor de sólidos totais dissolvidos e a salinidade são os parâmetros que mais sofrem variação em função da alteração do nível de maré. As flutuações verificadas são tão significativa que sob o regime de maré baixa as águas no ponto seriam classificadas como salobra e sob maré alta se enquadrariam na classificação de água salina.

Palavras-chave: Sabiaguaba, Rio Cocó, parâmetros físico-químicos, água, poluição.

Orientação: Carlucio Roberto Alves, Universidade Estadual do Ceará; Departamento, carlucio.alves@uece.br

¹ Aluna do doutorado da Universidade Estadual do Ceará; Centro de Ciência e Tecnologia, anaeufrazio@yahoo.com.br.

² Pesquisado Ms. Aristides Pavani Filho, Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação, aristides.pavani@mctic.gov.br.

³ Prof. Dra. Flávia Oliveira Monteiro da Silva Abreu, Universidade Estadual do Ceará; Centro de Ciência e Tecnologia. flavia.monteiro@uece.br.

⁴ Elini Alves Oliveira de Sousa, Universidade Estadual do Ceará; Centro de Ciência e Tecnologia, eliniaos@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Sabiaguaba situa-se no extremo leste do litoral de Fortaleza, a 17 km do centro da cidade. É uma área que abriga um complexo ecossistema composto por uma ampla faixa de praia, uma teia de dunas, planícies flúvio-marinhas, região de inundação sazonal, lagoas interdunares e vegetação de mangue. A região confinada nesses limites é uma área pouco adensada, com características ambientais e tecido morfológico em elevado estado de conservação e encontra-se sob proteção ambiental (SOUZA, 2009).

O Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba, que abriga a foz do rio Cocó, compreende uma área de 462,0 hectares e envolve o campo de dunas móveis, semifixas e fixas, bem como, as lagoas costeiras e interdunares. O parque está situado a sudeste pela Área de Proteção Ambiental (APA) do estuário do rio Pacoti, a noroeste com a APA do rio Cocó, a este e nordeste limitada pelo Oceano Atlântico e a oeste com o tabuleiro litorâneo nas proximidades da lagoa da Precabura. (Plano de manejo Sabiaguaba).

Na planície flúvio-marinha o Rio Cocó recebe como seu afluente o rio Coaçu. Antes de chegar à Sabiaguaba, o rio contorna as dunas, muda o curso para norte e desagua no mar, no limite com a Praia do Futuro. Nesse percurso o rio forma a região do estuário que está inserida na área que abriga o Parque Estadual do Cocó, que cobre a região entre BR 116 até a Foz (LEAL, 2014). O estuário do Rio Cocó está situado entre os paralelos 3° 35' e 3° 47' de latitude Sul e os meridianos 38°26' e 38°30' de longitude (MAIA; RODRIGUES; ROCHA-BARREIRA, 2011; FREIRES *et al.*, 2016).

A planície flúvio-marinha da bacia do Cocó está localizada, principalmente, no médio e baixo curso do rio, abrigando cobertura vegetal de mata ciliar e na região de desembocadura recebe a vegetação de mangue. As planícies flúvio-marinhas são formadas por aluviões, os quais deram origem aos Neossolos Flúvicos. Essa região é formada por extensas áreas planas que são submetidas às inundações periódicas, tendo sua dinâmica fortemente influenciada tanto pelo regime pluviométrico como pela oscilação das marés (ZANELLA *et al.*, 2013; GORAYEB; SILVA e MEIRELES, 2014)

Em função da sua paisagem, importância ecológica e vulnerabilidade aos impactos

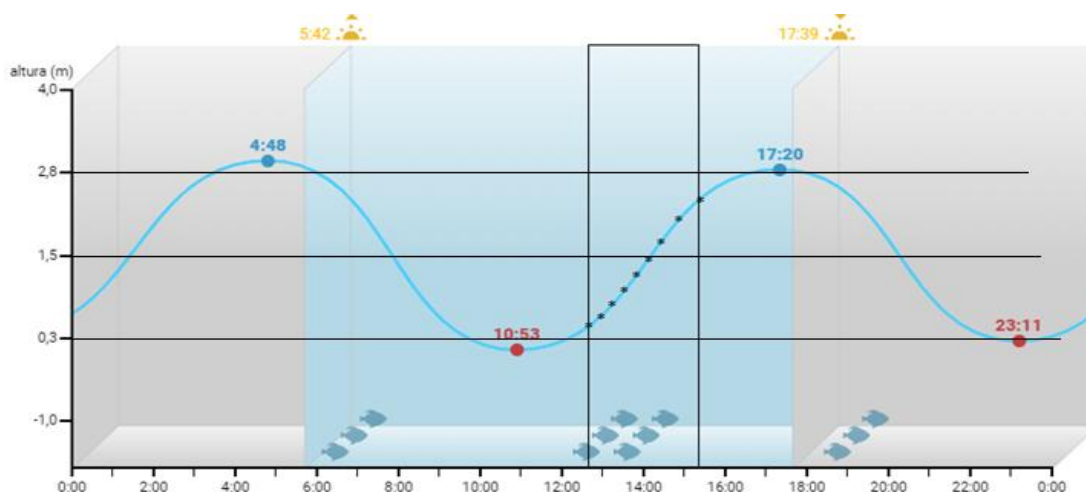
antrópicos, a região da bacia do rio Cocó que forma o seu estuário foi convertida em área legalmente protegida (Decreto 32248 de 07/06/2017). Apesar de sua importância, esta bacia está sob crescente pressão devido à expansão desordenada das cidades, de construções ilegais que contribuem para o desmatamento, erosão do solo, assoreamento do rio e degradação da qualidade da água (NILIN et al., 2013).

Objetiva-se com o (esse) trabalho avaliar a influência do regime de marés sob os parâmetros físico-químicos das águas do rio Cocó na região da Sabiaguaba.

METODOLOGIA

O ponto para amostragem foi determinado considerando a área que sofre influência direta do regime de maré e determinado através geoprocessamento. A coleta foi realizada em função da elevação da maré no dia 01 de agosto de 2019, ver Figura 1, tendo o primeiro ponto sido coletado ainda sob o regime de maré baixa (0,5 m) e o último ponto sob maré alta (2,4m). Os dados foram registrados a 0,60 m de profundidade.

Figura 1- Gráfico da amostragem, onde o pontilhado exibe a ordem de coleta de amostras conforme evolução da altura da maré.



* Fonte: adaptada de <https://tabuademares.com/br/ceara/fortaleza>

Na avaliação das águas do trecho foram determinados: temperatura, condutividade elétrica, pH, resistividade densidade, sólidos totais dissolvidos e salinidade. A determinação dos parâmetros físico-químicos em todos os pontos foi realizada *in situ* através da utilização de Sonda multiparamétrica Aqual Troll 400 da empresa In-Situ Inc. Tendo sido coletado, a cada 20 min, 24 medidas referentes a cada parâmetro avaliado. As médias das 24 medidas compuseram um conjunto de dados referentes a 09 amostragens para cada parâmetro físico-químico, medidos em intervalos de 20 minutos.

Figura 2- Localização do ponto de amostragem na região de Sabiaguaba



* Fonte: imagem de satélite, Google Earth

Figura 3- Foto da região de coleta em Sabiaguaba



* Fonte: própria autora

A sistematização dos dados obtidos foi realizada a partir da estatística descritiva, tabulando as medianas e os desvios padrão. O tratamento estatístico para a comparação dos dados foi realizado pelo teste de Análise da Variância (ANOVA). Realizou-se análise ANOVA com intervalo de confiança (IC) a 95% verificando a influência da maré (baixa, média e alta) para cada parâmetro físico-químico avaliado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A dinâmica dos ambientes estuarinos ocorre em função dos efeitos da maré, onde as correntes marítimas se sobrepõem aos movimentos gerados pela descarga fluvial e pelo componente baroclínico da força de gradiente de pressão. Essa dinâmica torna o processo de escoamento bastante complexo, provocando alterações no fluxo estuarino e mudanças no comportamento de cada estuário (LIMA et al., 2014)

Portanto, a região de estuário costuma ser dividida em três zonas distintas, são elas: a

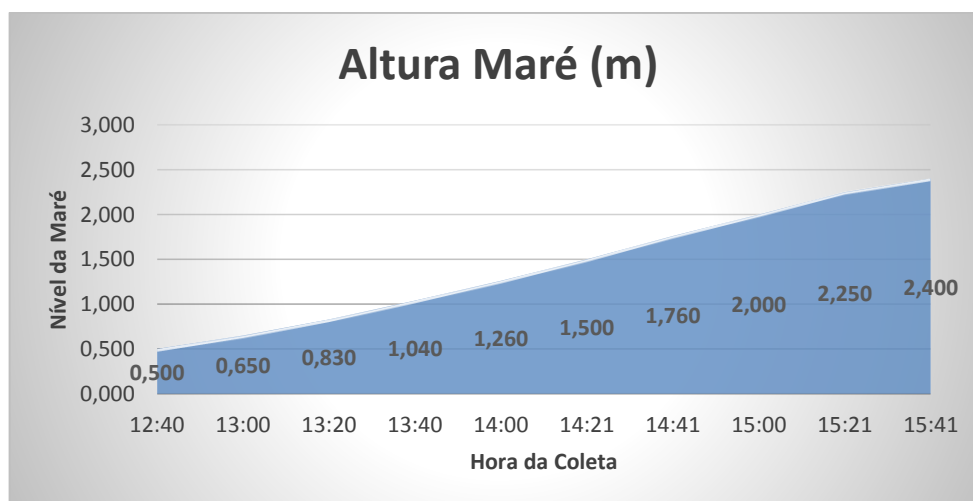
Zona de Maré do Rio (ZR), formada pela área de salinidade praticamente igual a zero, ou porção mais fluvial mais elevada que sofre somente influência física da maré; a Zona de Mistura (ZM), região caracterizada pela mistura da água doce do rio com a água do mar; e a Zona Costeira (ZC), área costeira adjacente ao mar ou foz do rio e região de salinidade bem próxima a encontrada no mar. Apesar dessa classificação os limites entre as diferentes zonas na prática não estáticos, apresentam variabilidade espacial e temporal sob a influência direta da maré e do clima, seja em decorrência das descargas fluviais, da direção e velocidade dos ventos e da circulação da região costeira (GORAYEB; VICENTE DA SILVA; DE ANDRADE MEIRELES, 2014)

O ponto de amostragem está localizado na ZC ficando a $3^{\circ}46'53.88''S$ de latitude e $38^{\circ}26'13.04''O$ de longitude, conforme mostrado na Figura 2.

ANÁLISES PARA A CONDUTIVIDADE, RESISTIVIDADE, SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS E SALINIDADE

Conforme pode ser observado no Gráfico 1, a altura da maré no período da tarde, nesta coleta, variou de 0,27 m a 2,8 m. Contudo, as coletas de amostras começaram ao meio dia e 40 mim (12:40), ocasião em que a maré já estava em 0,5 m acima do nível mínimo e encerraram às 15:41, quando a altura da maré estava em 2,4 m.

Gráfico 1. Ordem das amostragens em função da altura da maré



* Fonte: própria autora.

A zona costeira cearense, está inserida no segmento IV da divisão do litoral brasileiro. Nessa área ocorrem apenas duas estações sazonais bem definidas, a chuvosa e a seca, onde a pluviosidade média anual é de cerca de 1600 mm. Nessa área a temperatura se mantém constante ao longo do ano, girando sempre em torno dos 28°C. Por causa da baixa pluviosidade há a ocorrência de acúmulo de sal na região (MAIA; RODRIGUES; ROCHA-BARREIRA, 2011).

De acordo a Resolução nº 357 de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) as águas são distribuídas em 9 classes: 5 delas enquadradas como águas doces (com salinidade igual ou inferior a 0,5 %); 2 classificadas como águas salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e as outras 2 na categoria de águas salinas (salinidade igual ou superior a 30 %.).

Nas leituras realizadas é possível observar valores de salinidade mínima de 5,24 psu. O valor máximo de salinidade registrado foi de 37,06 psu. De acordo com a linha de tendência seria possível registrar, no pico da maré, valor superior a este último. De acordo com a classificação CONAMA as águas no ponto avaliado se enquadrariam na categoria salina na maré alta e salobra na maré baixa.

A partir da Tabela 1 e Figura 4 é possível observar que a salinidade no ponto avaliado alterou em função da variação da altura de maré com dois comportamentos distintos: no primeiro trecho com o nível da maré aumentando até 1,76 m, a salinidade varia com comportamento levemente decrescente entre 0,5 e 1 m de maré e apresentando o valor mínimo de 5,2 psu e crescente a partir de 1 m até 1,76 m onde atinge 9,8 psu. No segundo trecho, acima de 1,76 m, a salinidade aumenta rapidamente até o valor máximo medido (37,06 psu). Este comportamento permite a classificação da água de salobra no primeiro trecho e salina no segundo. Esta mudança abrupta no índice de salinidade está correlacionada à chegada da água do mar, com o aumento da maré, ao ponto de medida. A partir deste ponto pode-se estimar que a injeção de água do mar no ponto avaliado prevalece sobre a do rio invertendo o fluxo de água que antes era do continente para foz, passando a ocorrer do mar para o interior do estuário.

Freitas, Menezes e Schettini (2015), estudando a região registraram, no ponto

equivalente ao avaliado neste estudo, determinaram salinidade variando entre 4,4 e 22,9 psu. Os autores também relataram influência da maré sobre a salinidade nesse ponto do rio, estando o aumento da salinidade condicionado a descarga de água do mar na região estudada. Já Silva e colaboradores (2014), registraram salinidade máxima de 39 psu para o ponto equivalente. Portanto, os dados encontrados estão de acordo com os relatados na literatura.

Tabela 1- Valores registrados para altura da maré, condutividade, sólidos totais dissolvidos, potencial hidrogeniônico e salinidade em função do horário de coleta.

Horário de coleta	Maré (m)	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Sólidos (g/L)	pH	Salinidade (psu)
12:40	0,50	12814	7,77	6,83	6,93
13:00	0,65	11528	6,97	6,82	6,16
13:20	0,83	10079	6,07	6,82	5,31
13:40	1,04	9966	5,99	6,81	5,24
14:00	1,26	11327	6,82	6,80	6,02
14:21	1,50	14202	8,54	6,80	7,67
14:41	1,76	17876	10,73	6,80	9,83
15:00	2,00	50291	30,45	6,92	30,99
15:21	2,25	57663	35,06	6,97	36,31
15:41	2,40	58672	35,70	6,97	37,06
Média	1,38	13508	8,15	6,82	7,30

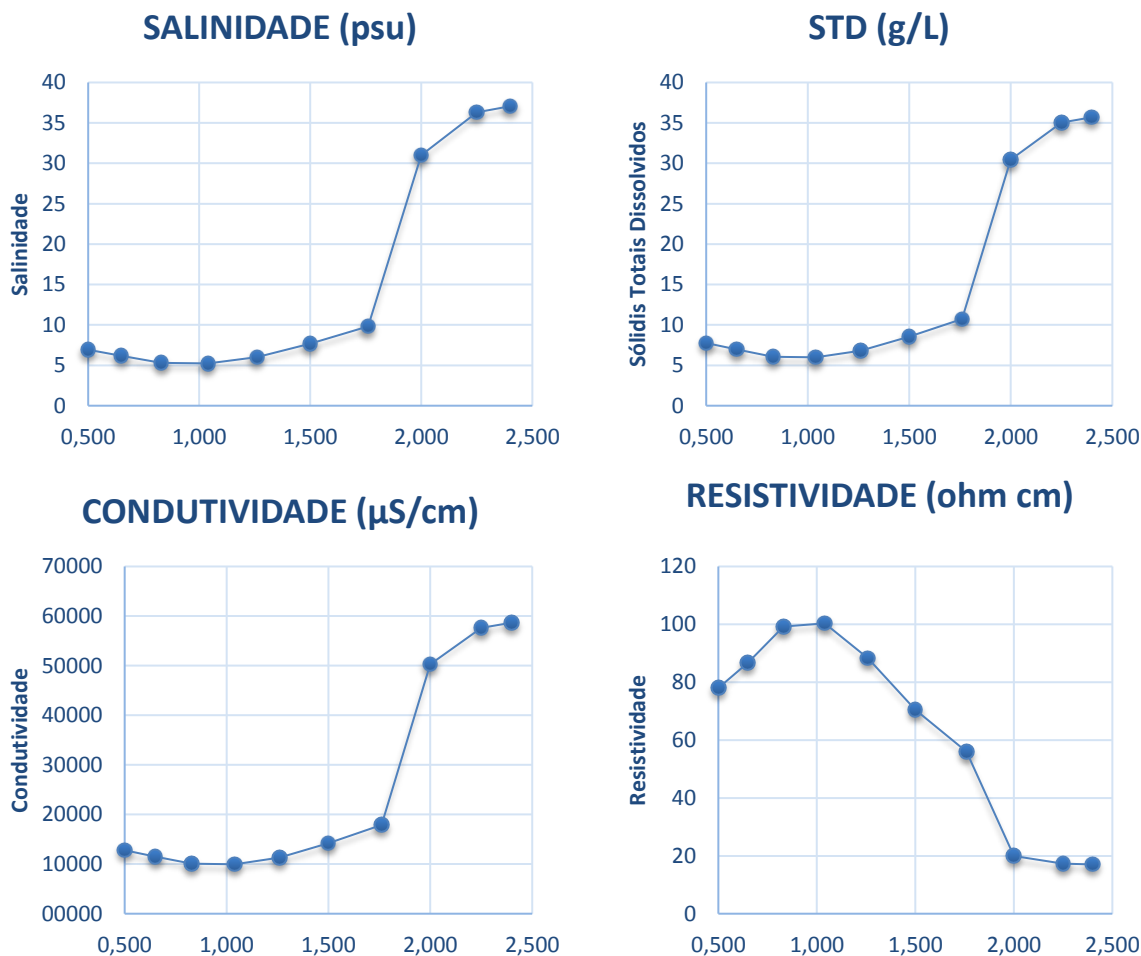
* Fonte: própria autora.

O teor de sólidos totais dissolvidos tem uma relação direta com a presença de sais dissolvidos na água e esse parâmetro está vinculado à salinidade, aumentando com o aumento do volume de água salgada no ponto avaliado.

Conforme é possível observar no gráfico referente a este parâmetro, o teor de sólidos totais dissolvidos aumenta em função do aumento da maré com o mesmo comportamento observado para a salinidade. Contudo, também fica claro que o aumento desse parâmetro não ocorre numa relação direta de proporcionalidade, tendendo a ter uma maior acumulação que o aumento registrado para a salinidade, indicando a ocorrência de acúmulo de particulados no ponto avaliado, possivelmente, em decorrência da concentração de contaminantes carregados ou lançados no estuário do rio. De acordo com Freitas, Menezes e Schettini (2015) o estuário é dominado pelo transporte de difusão turbulento e se comporta importando

sedimentos suspensos durante as marés o que sugere alta capacidade de captura de poluentes.

Figure 4- Gráficos referentes aos valores de condutividade, sólidos totais dissolvidos, potencial hidrogeniônico e salinidade em função da altura da maré (eixo horizontal).



* fonte: próprio autor

Um dos parâmetros que sofre alteração de acordo com a qualidade da água é a condutividade elétrica. Segundo Piratoba (2017), esse parâmetro, muito embora não revele as quantidades e componentes dos poluentes, pode revelar modificações na composição dos corpos d'água. A condutividade da água está correlacionada à concentração de íons e de diversos elementos. Já nas regiões tropicais, está relacionada com a periodicidade de precipitações, bem como, com as características geoquímicas da região.

A condutividade é um parâmetro que está associado ao teor de sais dissolvidos e a

presença de íons na água. Logo, é uma grandeza associada tanto à salinidade quanto ao teor de sólidos dissolvidos. No ponto avaliado os valores para a condutividade variaram em função da maré, tendo sido registro uma mínima de 12814,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e um valor máximo de 58672,35 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

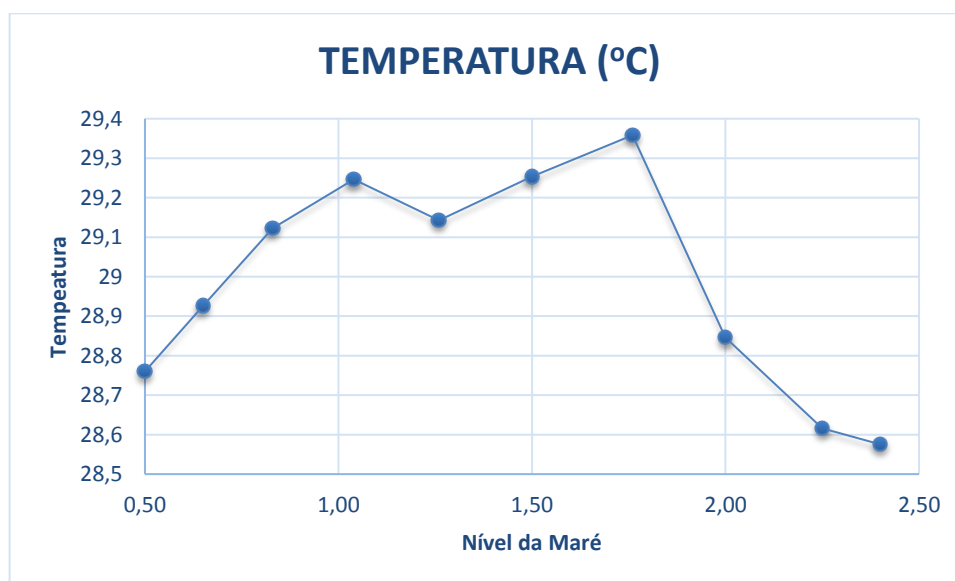
O aumento da condutividade com o aumento da maré está associado tanto ao aumento da salinidade no ponto avaliado, em decorrência do aumento do volume de água salgada entrando no ponto avaliado, como também em razão da maior concentração particulados ou de íons em solução.

A resistividade da água é uma grandeza que está relacionada com a condutividade numa razão inversa, quanto maior a condutividade menor a resistividade. Os valores encontrados para esse parâmetro variaram na mesma proporção da variação da condutividade, como era de se esperar.

ANÁLISES PARA A TEMPERATURA

A temperatura da água está associada, numa relação diretamente proporcional, à insolação, e às transferências de calor pelo ar, fricção, etc. Sua variação impacta nas características físico-químicas da água e suas reações, bem como, no processo de flotação e locomoção dos microrganismos (NAIME; FAGUNDES, 2005).

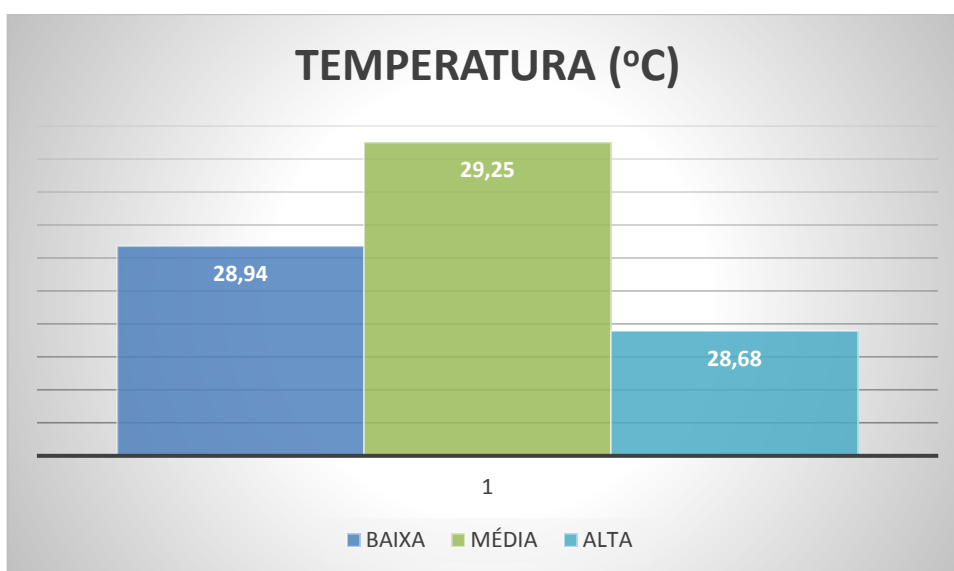
Gráfico 2- Temperatura em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) em função da maré



* Fonte: própria autora.

A partir das análises estatísticas foi possível inferir que a variação registrada para a temperatura no ponto avaliado é significativa, estando a temperatura variando em função de maré baixa, média e alta, conforme Gráfico 3.

Gráfico 2- Médias da temperatura em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) em função de maré baixa, média e alta.



* Fonte: própria autora

A temperatura ao longo do experimento variou em função do aumento da maré, o gráfico 2 mostra essa variação indicando um aumento de temperatura que está associada na verdade à insolação no período de coleta. Porém, ocorre uma inversão do comportamento de maneira abrupta a partir de 1,76 m de nível de maré demonstrando que a partir daí a temperatura é determinada pela temperatura da água do mar que entra no estuário. Freitas, Menezes e Schetine (2015), relataram temperaturas máximas de cerca de $28,8^{\circ}\text{C}$ para ponto de coleta em momentos semelhantes aos avaliados, entre 13:00 e as 14:00 horas.

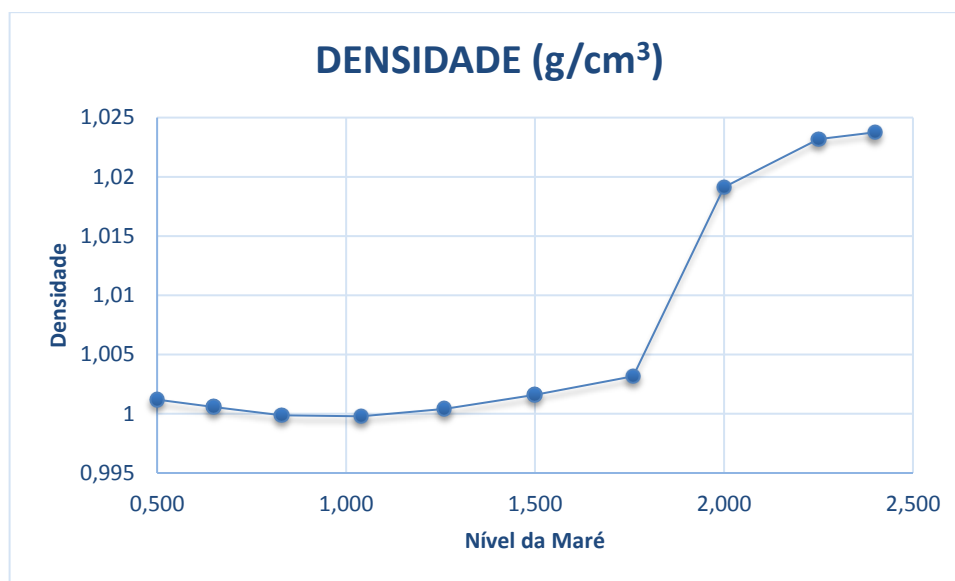
DENSIDADE

A densidade da água varia em função dos os elementos que estão em associação ao hidrogênio e oxigênio presentes na porção avaliada. A água na natureza não ocorre na forma

pura e sim como uma mistura de aproximadamente 33 substâncias envolvendo três tipos de isótopos de hidrogênio e oxigênio e aproximadamente 15 íons conhecidos (NAIME; FAGUNDES, 2005).

No ponto avaliado a densidade variou de acordo com a variação da altura da maré, conforme pode ser observado a partir do gráfico da Figura 6.

Gráfico 3- Variação da densidade em gramas por centímetros cúbicos (g/cm^3) em função da maré

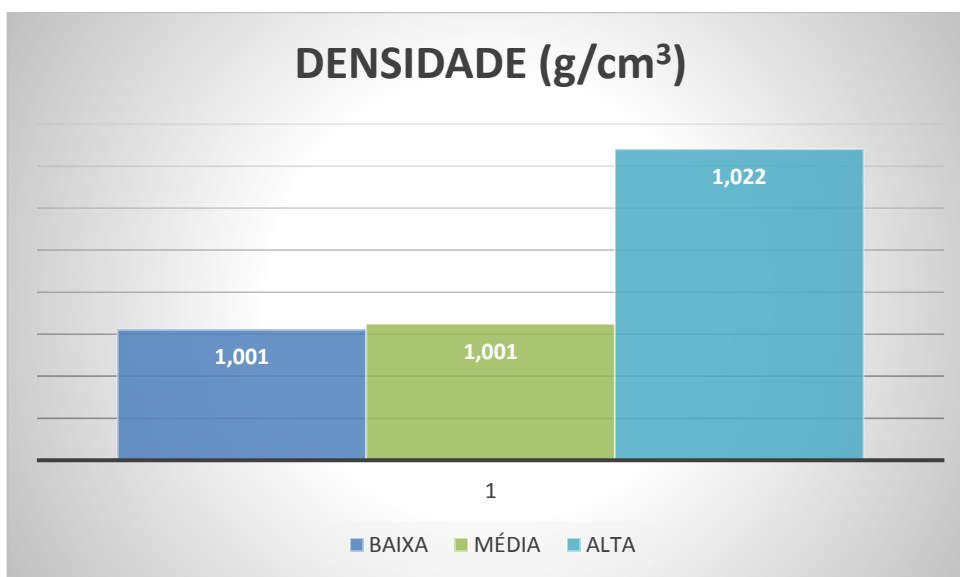


* Fonte: própria autora

A dissolução de substâncias na água pura provoca alteração nas suas propriedades pelo desarranjo que provoca na sua estrutura. A dissolução de sais na água pode provocar o aumento da sua densidade, bem como a presença de moléculas apolares pode provocar a redução desse parâmetro. A variação da densidade também está associada com a variação da temperatura, estando seu aumento associado a diminuição da temperatura (CARAPETO, 1999).

As análises estatísticas permitiram inferir que a densidade da água no ponto avaliado sofreu alteração em função da maré, ver gráfico 5.

Gráfico 4- Médias da variação da densidade (g/cm^3) em função de maré baixa, média e alta.



* Fonte: própria autora

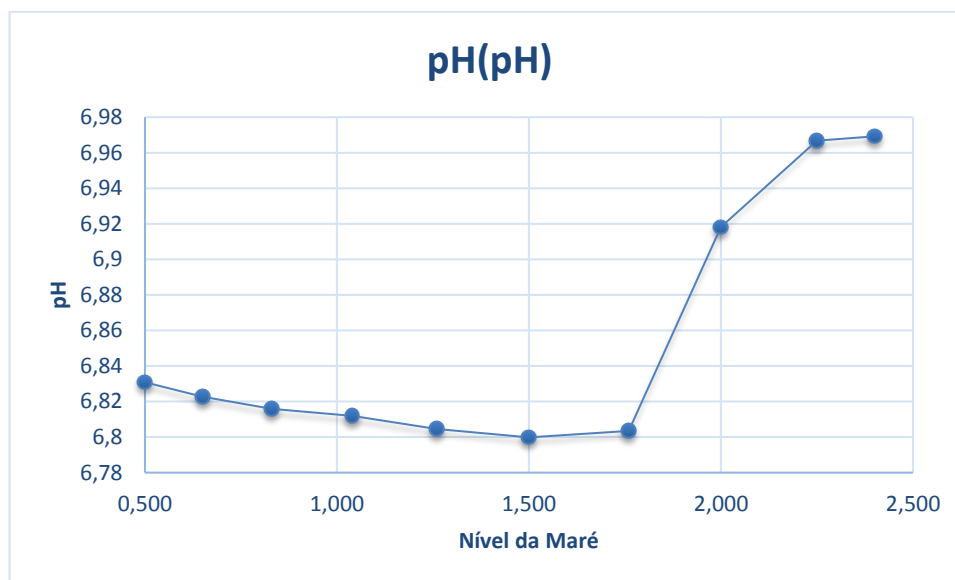
Para a densidade, a alteração observada (mínima de 0,9999 e máxima de 1,023758 g/cm^3) está associada à variação de temperatura e de salinidade ocorridas durante análises. A maior elevação nos 60 min finais das análises está diretamente associada tanto à menor incidência de insolação no ponto, já que a coleta foi realizada no estrato superficial (a 60 cm da superfície), quanto à diminuição da temperatura da água do mar e com maior teor de sais contidos na massa de água entrando na região.

POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

Um dos fatores que se altera com o nível de poluição de um corpo hídrico é o pH. De acordo com Lima e colaboradores (2014), em estuários os valores de pH são influenciados pelos ciclos de marés e taxas de fotossíntese e/ou respiração da vegetação. Contudo, essa alteração está limitada pela capacidade de neutralização do próprio ecossistema aquático em decorrência do efeito buffer (tampão) que controla a ocorrência de amplas variações do pH. Os autores ainda pontuam que os valores máximos são obtidos nas áreas de maior influência

salina. No decorrer das análises foi possível verificar que o pH variou em 0,17 pontos, tendo sido encontrada um mínimo de 6,80 e um máximo de 6,97, ver Gráfico 6.

Gráfico 5- Médias do potencial hidrogeniônico (pH) em função de maré

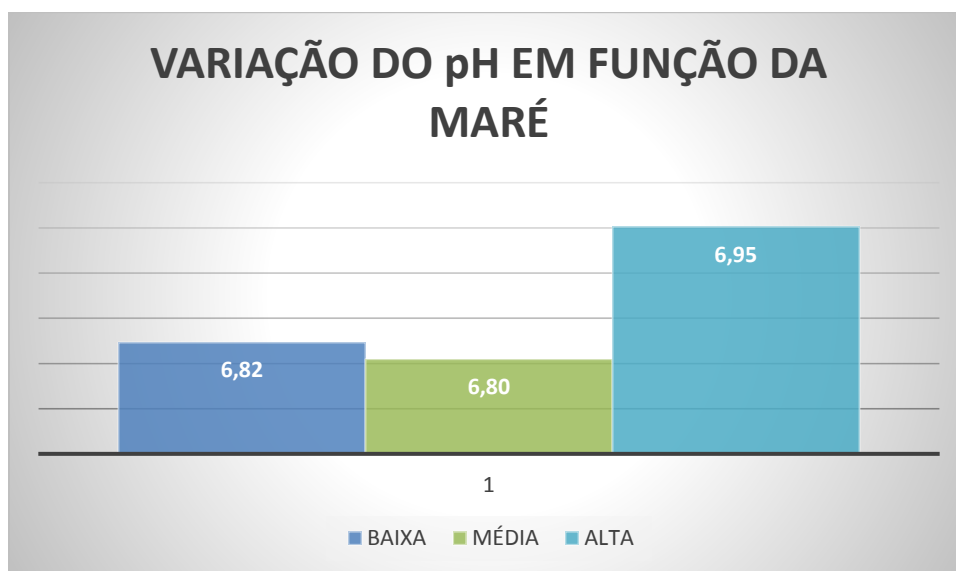


* Fonte: própria autora

Silva e colaboradores (2014) observando o pH do rio no ponto equivalente ao estudado registrou valores oscilando entre 7.5 a 8.2, tendendo levemente para a basicidade. Os valores observados no presente estudo entre 6,3 e 6,9 demonstram uma tendência para a neutralidade com o avanço da maré indicando um efeito tampão da água do mar.

Conforme é possível observar no Gráfico 7, as análises de variância demonstraram que as diferenças de pH entre maré baixa, média e alta são estatisticamente significativas. Contudo a ocorrência de pequena variação no pH entre os pontos avaliados reflete a grande eficiência na capacidade de tamponamento do ecossistema.

Gráfico 6- Médias do potencial hidrogeniônico (pH) em função de maré baixa, média e alta.



* Fonte: própria autora

CONCLUSÕES ou CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado foi possível verificar que os parâmetros de pH, temperatura, pressão e densidade variaram conforme alteração no nível de maré. As análises estatísticas realizadas permitiram inferir que há diferença significativa entre as medidas realizadas sob a influência das marés baixa, média e alta. As flutuações verificadas foram bastantes significativas. A condutividade, o teor de sólidos totais dissolvidos e a salinidade foram os parâmetros que mais sofreram variações em função da alteração do nível de maré. Sob o regime de maré baixa as águas no ponto avaliado seriam classificadas como salobra e sob maré alta se enquadrariam na classificação de água salina.

A GRADECIMENTOS

Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior (SECITECE), Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI-NE), Instituto de Tecnologia da Informação e Comunicação (ITIC)

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC)

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)

Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)

R REFERÊNCIAS

CARAPETO, C. **Poluição das águas**. Universidade Aberta. 243 p. Lisboa, Portugal 1999.

FREIRES, E. V. et al. Indicadores de impacto da urbanização no leito do Estuário do Rio Cocó -Fortaleza / Ceará. **Revista Okara**, v. 10, n. 03, p. 650–668, 2016.

FREITAS, P. P. DE; MENEZES, M. O. B.; SCHETTINI, C. A. F. Hydrodynamics and Suspended Particulate Matter Transport in a Shallow and Highly Urbanized Estuary : v. 33, p. 579–590, 2015.

GORAYEB, A.; SILVA, V. E.; MEIRELES, A. J. meio ambiente e condições de sustentabilidade da planície flúvio-marinha do Rio Pacoti – Ceará – Brasil. **Geoambiente On-line**, n. 2, p. 1–17, 2014.

LEAL, J. R. L. V. Mudança de curso do Rio Cocó no paleolítico superior. **Revista do Instituto do Ceará**, p. 183–217, 2014.

LIMA, M. W. et al. Influência do Ciclo de Maré na Variação dos Parâmetros Físico-Químicos no Estuário do Rio Curuçá, Nordeste Paraense. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, v. 14, n. 1, p. 9–15, 2014.

MAIA, R. C.; RODRIGUES, A. B.; ROCHA-BARREIRA, C. A. distrib. espaço-temp. de *Melampus coffeus* (MOLLUSCA: GASTROPODA) EM MANG. EST. DA RMF, CEARÁ, BRASIL. **Conex. Ci. e Tecnol.**, v. 5, n. 3, p. 28–35, 2011.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, v. 32, n. 1, p. 27–35, 2005.

NILIN, J. et al. Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of Ceará River, Northeastern Brazil. **Marine Environmental Research**, v. 91, p. 89–96, 2013.

PIRATOBA, A. R. A., RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P. M.; GONSALVES, W. G. E. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Agua**, v. 12, n. 3, p. 435–456, 2017.

SILVA, C. M. et al. Population dynamics and antimicrobial susceptibility of *Aeromonas* spp. along a salinity gradient in an urban estuary in Northeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 89, n. 1–2, p. 96–101, 2014.

SOUZA, L. S. F. Análise geoambiental das unidades de conservação de Sabiaguaba (Fortaleza – CE). **Universidade Federal do Ceará**, v. Dissertação, p. 1–133, 2009.

ZANELLA, M. E. et al. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 2, p. 317–332, 2013.