



VI-059 – ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS QUE APORTAM PARA O ESTUÁRIO DO RIO PACOTI (CE)

Claudiane Quaresma Pinto Bezerra⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará. Mestre em Engenharia Civil, Área de Concentração - Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Engenheira da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Almira dos Santos França

Mestre em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Engenheira da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE).

Marisete Dantas de Aquino

Doutor em Meio Ambiente/Recursos Hídricos. Professora Adjunta do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará.

George Satander Sá Freire

Doutor em Geologia pela Université de Nantes na França. Professor Adjunto do Departamento de Geologia do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará.

Endereço⁽¹⁾: Rua Manuel Nunes, 61 – Antônio Bezerra - Fortaleza - CE - CEP: 60360-760 - Brasil - Tel: (85) 3235-5630 - e-mail: claudiane@cagece.com.br

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de realizar um estudo da qualidade físico-química das águas que aportam para a foz do Rio Pacoti, verificando a influência da descarga fluvial na distribuição de parâmetros como potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, oxigênio dissolvido e salinidade, ao longo da variação da maré, nas duas principais estações do ano. Todos os parâmetros foram avaliados com base em três campanhas de campo conduzidas sob condições de maré de sizígia e quadratura, cada uma cobrindo um período de dois ciclos de maré (25 horas), onde as duas primeiras foram realizadas no período seco e a última no período chuvoso. No entanto, não foram observadas grandes diferenças entre os parâmetros, uma vez que se tratava do início do inverno. A salinidade variou de 21,4 a 40,6 USP (Unidade de Salinidade Prática), apresentando diferentes comportamentos de distribuição de acordo com as condições de maré. O oxigênio dissolvido apresentou valores compreendidos entre 5,15 e 8,16 mg/L, decorrentes dos processos de fotossíntese aliados a forte insolação, distribuindo-se, assim como a temperatura e o pH, de forma praticamente homogênea ao longo da coluna d'água. O estuário do Rio Pacoti, nas proximidades da desembocadura, representa ainda uma área livre da poluição antrópica, com a contribuição de fatores como a grande circulação das águas, favorecendo a oxigenação.

PALAVRAS-CHAVE: Parâmetros Físico-Químicos, Rio Pacoti, Estuário.

INTRODUÇÃO

Os estuários representam ambientes extremamente complexos de grande importância ecológica e econômica, estando sujeitos a fortes influências provocadas principalmente pelas ações antrópicas. A complexidade dos sistemas estuarinos está relacionada às variáveis que os controlam, como o fluxo do rio, a altura da maré, o aporte de matéria e energia e as condições climáticas.

A medida da salinidade é um fator importante no estudo do ambiente marinho. Por conta da sua influência sobre a densidade da água do mar, a salinidade permite conhecer a circulação oceânica, identificar as massas de água de diferentes origens e as misturas existentes nas encostas e nos estuários (AMINOT; CHAUSSEPIEDE, 1983).

Os oceanógrafos que trabalham em estuários preferem utilizar a “clorinidade” ao invés da salinidade por conta da diluição, ocasionada pelos aportes fluviais que arrastam as variáveis iônicas marinhas, e por permitir uma boa aproximação da taxa de mistura do estuário (ARNAUD; RAIMBAULT, 1969). No entanto, adota-se a salinidade como unidade de trabalho, por ser a forma mais utilizada.



A salinidade é definida como a massa, em gramas, das substâncias sólidas contidas em um quilograma de água do mar, quando os íons brometo e iodeto são substituídos por seu equivalente de cloro, os carbonatos convertidos em óxidos e toda matéria orgânica oxidada. Já a clorinidade é a massa, em gramas, de cloro, equivalente a quantidade total de halogênios, em um quilograma de água do mar. A relação existente entre estas duas variáveis, determina que a salinidade seja obtida pelo produto da clorinidade por um fator de 1,80655 (AMINOT; CHAUSSEPIEDE, 1983).

A salinidade, assim como a temperatura, também é um parâmetro conservativo da água do mar. Os principais elementos, que contribuem para os valores da salinidade, possuem razões de concentrações constantes e, suas concentrações totais somente variam por processos físicos, por isso, fenômenos como evaporação, formação e fusão do gelo, precipitação atmosférica e contribuição fluvial podem alterar a salinidade dos oceanos (BECKER, 2001).

A análise da distribuição da salinidade e a identificação dos diversos processos de mistura das águas propiciam a classificação de um estuário.

A distribuição vertical da salinidade nos estuários varia largamente em resposta as condições hidrográficas e geomorfológicas. O perfil de salinidade do tipo cunha salina mostra uma zona estreita de aguda mudança de salinidade ao longo da coluna d'água. Já um estuário parcialmente misturado apresenta um aumento gradual desde a superfície até o fundo, e um estuário completamente misturado não possui variações de salinidade com a ocorrência do aumento da profundidade.

O oxigênio dissolvido é um elemento primordial para a fauna e para a flora, sendo que sua concentração, em águas salinas, é limitada pelas condições físicas locais, principalmente pela salinidade. A concentração de oxigênio é expressa em miligramas de oxigênio por litro e pode ser representada pela taxa de saturação que é calculada em função da temperatura e da salinidade (AMINOT, 1983).

As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera, derivada das trocas que ocorrem na superfície, e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são causadas, dentre outros fatores, pelo consumo para oxidação da matéria orgânica realizado pela atividade bacteriana e pela respiração dos organismos aquáticos.

A concentração de oxigênio dissolvido na superfície dos oceanos é afetada pelo transporte do oxigênio para dentro ou fora desta camada. Este é transportado horizontalmente pelas forças advectivas e verticalmente tanto pelas trocas ar-água como pela mistura da coluna d'água. A produção biológica ou a remineralização também afeta a concentração deste parâmetro, diminuindo consideravelmente os seus teores (SKJELVAN et al., 2001).

A temperatura constitui-se num dos parâmetros físicos mais importantes nas investigações hidrobiológicas e químicas de uma massa de água. No ecossistema aquático, influencia diretamente a cinética dos processos metabólicos oxidativos vitais, tais como a respiração e a decomposição da matéria orgânica, a solubilidade dos gases e a densidade da água. A incidência dos raios solares, a força dos ventos e a temperatura do ar representam fatores capazes de intervir nas variações da temperatura da água.

Elevadas temperaturas do ar e a intensa radiação solar são possíveis responsáveis pelos elevados valores encontrados na água.

Tabajara (1994) afirma que a temperatura representa um dos fatores que influenciam na abundância, distribuição e crescimento dos organismos aquáticos e nos processos físicos e químicos das águas estuarinas. Comparado ao oceano aberto, o estuário tem as maiores variações de temperatura, sendo que nos estuários de latitude média, as mudanças sazonais na estratificação de temperatura e densidade são mais frequentes.

O potencial hidrogeniônico (pH) pode ser considerado também como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo em que é uma das mais difíceis de interpretar. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Na maioria das águas naturais, o pH é influenciado pela concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1998).



A fotossíntese é uma das reações de origem biológica que tendem a provocar uma diminuição na concentração de CO_2 , com conseqüente aumento do pH, enquanto que na respiração ocorre o processo inverso, ou seja, aumenta a concentração de CO_2 , fazendo com que o pH diminua (GOMES, 1998).

Segundo Zhang (2000), os processos biogeoquímicos envolvendo a transferência de hidrogênio alteram o valor do pH. Além dos processos de oxidação e redução envolvendo o oxigênio molecular e a fotossíntese, tem-se a desnitrificação e a redução do sulfato que aumentam o valor do pH enquanto que a respiração e a nitrificação diminuem o seu valor.

Alguns ecossistemas aquáticos têm tendência a apresentar valores elevados de pH, dentre eles os localizados em regiões de balanço hídrico negativo, em regiões costeiras, e ainda aqueles que recebem, em diferentes graus de intensidade, influência dos sais marinhos transportados pelo vento. Os íons bicarbonato, seguidos dos íons carbonato são os principais responsáveis pelos elevados valores de pH.

O pH é um fator fundamental nos ciclos hidrobiológicos e nos fenômenos geoquímicos. A variação do pH pode ser regida pela natureza das rochas e dos solos da bacia de drenagem, pela composição química das águas, pela produção primária da matéria viva e pelas atividades bacterianas nos sedimentos (FREIRE, 1989).

Verifica-se também que as atividades industriais poluidoras podem contribuir para a acidificação das águas superficiais, afetando o equilíbrio do ecossistema, uma vez que o pH é uma das variáveis relacionadas ao metabolismo dos seres aquáticos.

A ocorrência de altos valores de pH pode ser atribuída a um intenso processo de eutrofização artificial, ocasionado pelas elevadas taxas fotossintéticas dos ecossistemas (BOZELLI, et.al. 1992).

O presente trabalho consiste no estudo da qualidade físico-química das águas que aportam para a desembocadura do Rio Pacoti, verificando a influência da descarga fluvial na distribuição de parâmetros como oxigênio dissolvido, temperatura, potencial hidrogeniônico (pH) e salinidade, ao longo da variação da maré, nas duas principais estações do ano.

O estuário do Rio Pacoti, localizado no Estado do Ceará, constitui ainda um ambiente que apresenta boas condições naturais, mas que tem passado por um processo crescente de ocupação, levando a comprometer a qualidade da água, possibilitando o arraste de materiais, atingindo as áreas oceânicas, podendo trazer prejuízos à biota e ao ambiente sedimentar. Por conta dessa problemática, foi realizado esse estudo, através de avaliações a partir da modificação da maré, considerando as condições climáticas da região.

A maré representa um importante fator a ser considerado, podendo-se defini-la como o movimento periódico das águas do mar, sendo geradas a partir do efeito das atrações do sol e da lua sobre a superfície da terra, associados à aceleração centrípeta, agindo diretamente sobre as grandes massas de água das bacias oceânicas.

A ação da lua é sempre predominante e a do sol pode ser considerada como uma causa perturbadora que vem modificar o efeito da atração lunar, mostrando, para um dia lunar, pontos onde ocorrem duas marés altas e duas marés baixas, pontos onde temos apenas uma maré alta e uma baixa e até os pontos anfifrômicos, onde não existe maré de espécie alguma. Existem situações em que o sol e a lua estão em conjunção, ocorrendo a somatória de força desses astros, com o movimento das marés atingindo seu ponto extremo, fazendo com que surjam as marés de sizígia, que se caracterizam por grandes amplitudes e altas velocidades. Em oposição, ocorrem situações em que o sol e a lua estão em quadrante, havendo a interferência do sol na diminuição da atividade atrativa da lua, dando origem às marés de quadratura, de menor amplitude e de pouca velocidade (MIRANDA; CASTRO; KJERFVE, 2002).

MATERIAIS E MÉTODOS

O estuário do Rio Pacoti encontra-se localizado a nordeste do Estado do Ceará, fazendo parte da Região Metropolitana de Fortaleza. O acesso à região estudada é feito através da rodovia CE 040, e posteriormente, pela Estrada da COFECO, perfazendo um total de, aproximadamente, 22 km a partir de Fortaleza.



A estação de coleta foi locada próximo à desembocadura, no canal principal de fluxo do rio, onde foram realizadas amostragens durante três atividades de campo, sob diferentes condições de maré e em duas estações climáticas distintas. Os dois primeiros ocorreram no período de estiagem e o último representou a quadra invernal. Cada uma das campanhas abrangeu dois ciclos completos de maré (25 horas).

Foram efetuadas medidas *in situ*, a cada hora de coleta, da temperatura utilizando um termômetro portátil *Saverstoff*, do potencial hidrogeniônico (pH) utilizando um pHmetro *Orion Quikchek* e da profundidade da coluna d'água determinada com o auxílio de um ecobatímetro *Furuno FCV668*. Foi também instalado no ponto de coleta, um ondógrafo *Seagauge wave and tide recorder*, através do qual foi possível determinar a curva de maré do estuário.

Para posterior análise, foram coletadas amostras para determinação da salinidade, utilizado-se o método descrito por Aminot e Chaussepied (1983), que toma por base a clorinidade da água. Para o oxigênio dissolvido, foi utilizado o método de Winkler, descrito por Strickland & Parsons (1972), modificado para água do mar.

Os gráficos representando o campo de distribuição dos resultados obtidos foram confeccionados com a utilização dos programas *Microsoft Excel* e *Oásis Montaj versão 5.0*.

RESULTADOS

Para a campanha de sizígia no período seco, a salinidade apresentou uma variação de 23,5 USP a 37,5 USP, com uma média de 32,6 USP, onde a maioria dos valores ficou situada entre 32 e 36 USP (Figura 1). A coluna d'água mostrou-se bastante estratificada, com as maiores salinidades localizadas no fundo do estuário, uma vez que as águas provenientes do mar apresentam uma densidade maior que as águas doces, localizadas preferencialmente na superfície. Observa-se que as isolinhas de salinidade se distribuem, preferencialmente, de forma horizontal ao longo das 25 horas de coleta.

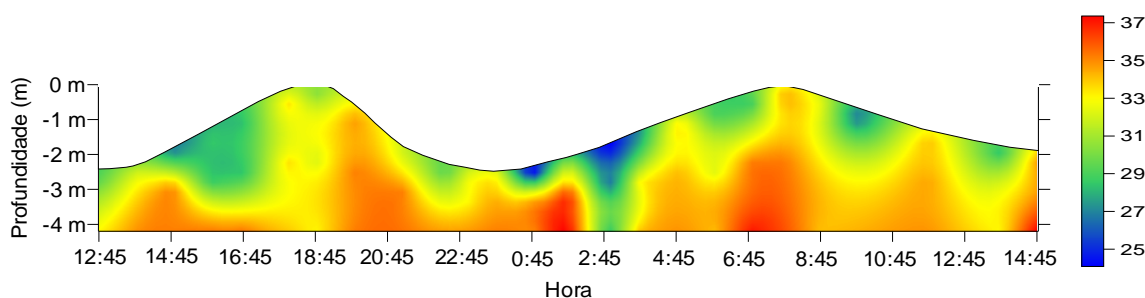


Figura 1: Representação do comportamento da salinidade (USP) durante a campanha de maré de sizígia no período seco.

Por se tratar do período seco, as descargas fluviais são bem pequenas, influenciando de forma pouca significativa no comportamento da salinidade. No entanto, em alguns momentos, observa-se a presença de valores abaixo de 26 USP nas águas superficiais, mas de forma bastante pontual, sendo mais visível no segundo ciclo de maré. Na região de baixa-mar, a salinidade diminui na camada superficial resultante da chegada de água doce trazida pelo retorno da maré, mantendo-se mínima nas primeiras horas de enchente.

Na campanha de quadratura no período seco (Figura 2), os valores de salinidade variaram de 26,9 USP a 40,6 USP, representando máximo e mínimo maiores que do campo anterior, mas com amplitudes de variação praticamente iguais. A média encontrada ficou em torno de 36,7 USP, cerca de 12% maior que a média encontrada para a campanha de sizígia.

Verificou-se ao longo das 25 horas, a predominância da salinidade acima de 35 USP. No entanto, as maiores concentrações situaram-se nas águas mais profundas, onde foram encontrados valores em torno de 40 USP.

Na região de baixa-mar, as concentrações ao longo da coluna d'água diminuíram principalmente na camada superficial. No segundo ciclo de maré, a salinidade situou-se em torno de 28 USP nas águas superficiais, de forma pontual, estendendo-se até as águas profundas nas últimas horas de campo, por conta do aumento do fluxo de água doce em maré vazante.

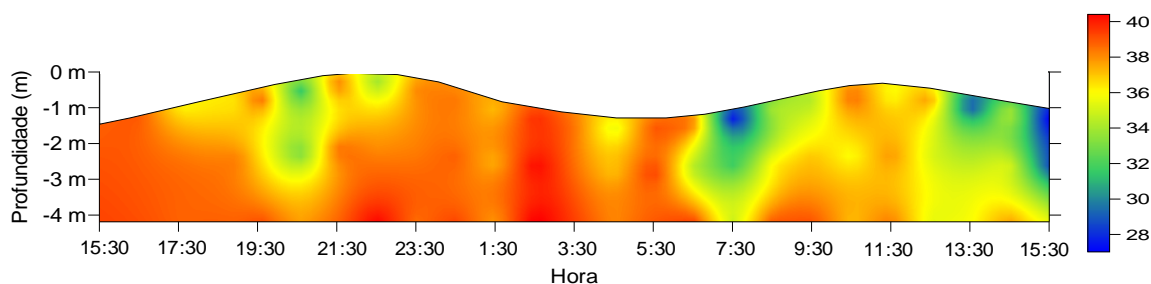


Figura 2: Representação do comportamento da salinidade (USP) durante a campanha de maré de quadratura no período seco.

Verifica-se, no decorrer da campanha, que a coluna d'água apresenta uma estratificação praticamente vertical homogênea, com a vazão de água salgada muito maior que a de água doce no ponto de coleta.

Comportamento semelhante foi obtido por Freire (1989) ao estudar a salinidade na desembocadura do estuário do Pacoti, encontrando uma distribuição homogênea ao longo da coluna d'água, sofrendo modificações, ou seja, aumentando ou diminuindo, dependendo das condições de maré atuantes. Nas regiões de preamar, também no período de estiagem, foram encontradas as maiores salinidades (29 a 33 USP), que tenderam a diminuir nas baixa-mares (23 a 27 USP).

Na campanha de sizígia, representante do período chuvoso (Figura 3), obteve-se valores de salinidade que variaram de 21,4 USP a 38 USP, com uma faixa de variação muito semelhante ao do campo de sizígia no período seco, mas com uma média de 35,4 USP, em torno de 8 % maior que a média do referido campo.

No primeiro ciclo de maré, observa-se a ocorrência predominante da salinidade entre 32 e 34 USP, sendo que no período de 21 às 23 horas tem-se a presença, nas águas superficiais, das menores salinidades do período, com a ocorrência de um mínimo de 21,4 USP às 22 horas.

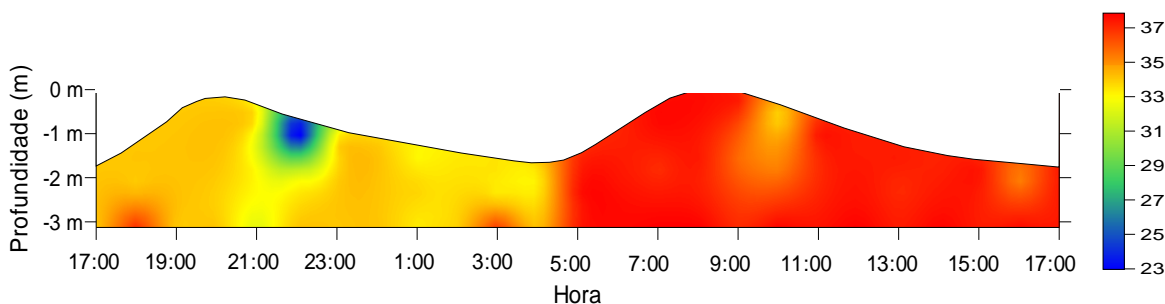


Figura 3: Representação do comportamento da salinidade (USP) durante a campanha de maré de sizígia no período chuvoso.

No segundo ciclo de maré, no período de 5:00 às 17:00 horas, verifica-se que a salinidade apresenta os maiores valores da campanha, compreendidos entre 35 e 38 USP, que pode ser atribuído ao carreamento de sal para o estuário, proveniente das planícies de inundação, devido a precipitação que ocorreu no local durante o período de amostragem. Pode-se afirmar que as variações da salinidade são diretamente influenciadas pela pluviometria, uma vez que esta altera o fluxo e o transporte de material efetuado pelo rio.

Ao se verificar os dois ciclos de forma independente, observa-se a presença de uma pequena estratificação vertical na coluna d'água, tornando possível considerar o estuário como aproximadamente homogêneo. Esse comportamento da salinidade corresponde a um caso atípico, uma vez que retratou a ocorrência de uma precipitação pontual na região, não representando de forma geral este parâmetro para a estação chuvosa.

Miranda, Castro e Kjerfve (2002) afirmam ser o vento um importante fator que promove a aeração e a mistura das massas de água estuarina e costeira, podendo provocar a erosão dos gradientes verticais de salinidade,



principalmente na entrada dos sistemas abrigados da influência local. Essa forçante também gera ondas e correntes nos estuários com grande área superficial, intensificando a mistura vertical.

Verifica-se que o estuário do Rio Pacoti, no ponto de amostragem, apresentou um comportamento bastante diversificado em relação às condições de salinidade, mostrando a influência do tipo de maré na distribuição deste parâmetro na sua desembocadura.

De uma maneira geral, verifica-se a forte interferência das águas oceânicas no ponto de coleta, tornando as águas fluviais pouco representativas no decorrer das campanhas.

O oxigênio dissolvido, principal variável controladora das reações metabólicas e biogeoquímicas nos sistemas aquáticos, apresentou para a campanha de sizígia no período seco, um valor máximo de 6,89 mg/L, equivalente a uma saturação de 106%, em águas superficiais, no período de 3:00 às 9:00 horas da manhã e um valor mínimo de 5,15 mg/L (79%) às 23:00 horas do dia anterior. Nas águas próximas ao fundo, a taxa de variação se apresentou aproximadamente igual a da superfície, com 5,8 mg/L (89%) às 0:45 horas e 6,82 mg/L (104%) às 4:30 horas. Pela Figura 4, verifica-se que as maiores concentrações ocorrem no período da manhã, onde a ação do aquecimento solar e o processo de fotossíntese são mais intensos, propiciando uma maior produção de oxigênio dissolvido. Durante a noite, as atividades diminuem e os organismos aquáticos realizam praticamente a respiração, reduzindo a quantidade de oxigênio da água.

Através da Figura 4, percebe-se que no período de 11:00 às 14:45, no segundo ciclo de maré, ocorre uma queda nas concentrações, por conta da maré vazante carrear matéria orgânica para o estuário através da descarga do rio e do escoamento superficial da área, provocando o consumo do oxigênio disponível na água pela ação da oxidação realizada pelos microorganismos.

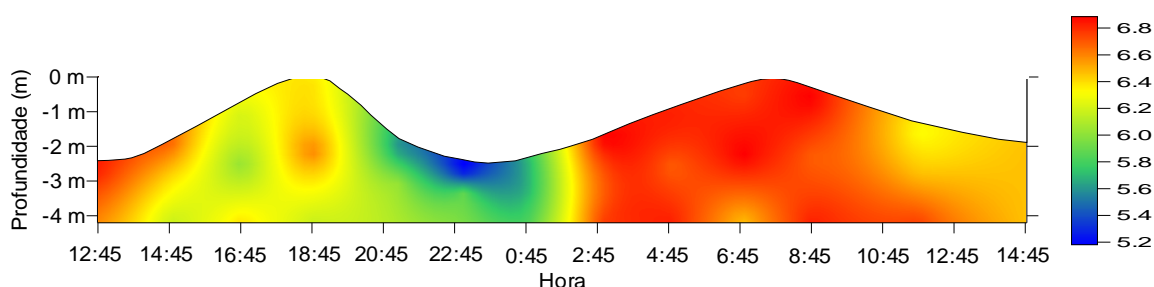


Figura 4: Representação do comportamento do oxigênio dissolvido (mg/L) durante a campanha de maré de sizígia no período seco.

Observa-se também que os ventos da região são suficientemente fortes favorecendo a circulação e a aeração da coluna d'água, permitindo que a concentração de oxigênio dissolvido se distribua de forma praticamente uniforme ao longo da coluna vertical.

Segundo Melack e Fisher (1990), a ocorrência de estratificação térmica e do oxigênio dissolvido ocorre com maior frequência, quando a profundidade excede 5 m. No entanto, no ponto de coleta, no estuário do Pacoti, as profundidades se mantiveram sempre abaixo de 4,3 m.

A concentração de oxigênio dissolvido obtida para a campanha de quadratura no período seco apresentou um valor máximo de 8,16 mg/L, com uma saturação de 120%, em águas superficiais às 15:30 horas e um valor mínimo de 5,52 mg/L, representando um percentual de 86%, às 5:30 horas. Em águas profundas, a variação da concentração foi praticamente a mesma, devido, em grande parte, a ação eólica que favoreceu os processos de circulação e mistura.

Pela Figura 5, verifica-se que as maiores concentrações ocorrem no horário de 13:30 às 17:30, período em que ocorre a máxima insolação, favorecendo a fotossíntese, ocasionando em uma grande produção de oxigênio dissolvido. Após às 23:30 horas, o oxigênio diminui mantendo-se praticamente constante até as 6:30 horas, apresentando os menores valores do período, compreendidos entre 5,52 e 6,3 mg/L, decorrentes da redução na produção de oxigênio. A média encontrada para os valores durante as 25 horas, foi de 6,88 mg/L. A coluna d'água apresenta uma homogeneidade vertical durante praticamente toda a campanha.

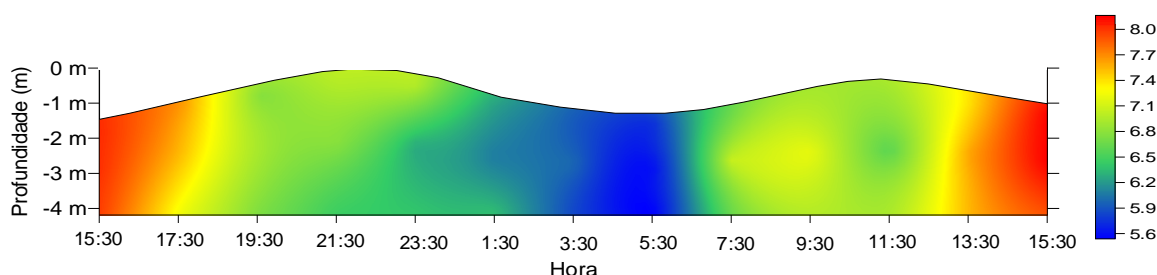


Figura 5: Representação do comportamento do oxigênio dissolvido (mg/L) durante a campanha de maré de quadratura no período seco.

Para o período chuvoso, em sizígia, a concentração de oxigênio dissolvido apresentou um valor máximo de 7,43 mg/L, com uma saturação de 115% às 17 horas e um valor mínimo de 5,60 mg/L, tendo um percentual de 87% à 1 hora no segundo dia da campanha, com uma média das concentrações situada em torno de 6,67 mg/L. Pela Figura 6, verifica-se que as maiores concentrações ocorrem no período diurno (5:00 às 17:00), com destaque para o período de 14 às 17 horas, que correspondem às horas de insolação mais intensa, favorecendo o maior desenvolvimento das atividades fotossintéticas.

Quanto aos mínimos, observa-se que estes ocorrem de 22 às 3 horas, com valores compreendidos entre 5,6 e 6,5 mg/L, coincidindo com o que foi observado nas campanhas anteriores, ou seja, período em que praticamente não há produção de oxigênio, apenas consumo pelos organismos aquáticos. A estratificação vertical existente na coluna d'água é muito pequena, com algumas variações, sendo consideradas resultantes das irregularidades na saturação do oxigênio, atribuída ao seu caráter não conservativo e a sua intensa participação nos processos físicos e químicos da água, proveniente da atividade metabólica dos organismos.

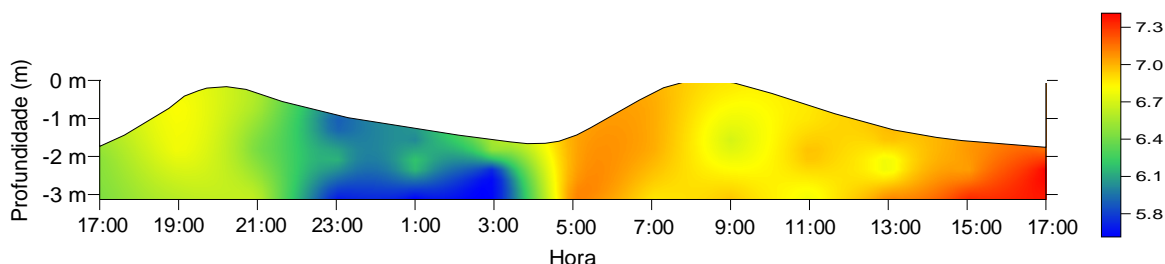


Figura 6: Representação do comportamento do oxigênio dissolvido (mg/L) durante a campanha de maré de sizígia no período chuvoso.

Percebe-se que, em todas as campanhas, após o período noturno, as concentrações de oxigênio dissolvido começam a aumentar, devido não só ao processo de fotossíntese, mas também em decorrência da mudança da maré e da entrada de água marinha, provocando turbulência e propiciando uma maior oxigenação no estuário.

O comportamento do oxigênio dissolvido é regido pelas variações climáticas, pelos fatores biológicos e principalmente pelas condições hidrodinâmicas do estuário.

Ao longo das campanhas realizadas, pouco se fez sentir essa influência climatológica nas concentrações obtidas, atingindo-se uma faixa de variação muito próxima ao longo das três campanhas. No entanto, observa-se que as maiores saturações ocorreram na quadratura na época da estiagem.

A temperatura da água obtida, ao longo das campanhas de coleta, apresentou uma pequena variação, com forte influência dos ventos da região que propiciaram a mistura das camadas de água, impedindo a estratificação vertical. As diferenças de temperatura entre as duas camadas (superficial e de fundo) ficaram, na maioria das vezes, compreendidas entre 0,2 e 0,4 °C. Essa pequena amplitude foi ocasionada também pela variação mínima da temperatura do ar durante o ano hidrológico, além da pequena profundidade no ponto de coleta, que favoreceu o aquecimento da água de forma praticamente homogênea.

Na campanha de sizígia no período chuvoso (Figura 7), os valores de temperatura apresentaram um máximo de 31,0 °C e um mínimo de 26,4 °C, o que correspondeu a uma amplitude de variação de 4,6 °C e uma média de 28,5 °C.

Os maiores valores, situados acima de 30 °C, ocorreram tanto nas águas superficiais quanto nas profundas, no horário de 10:00 às 17:00 horas, coincidindo com o período de maior insolação da região.

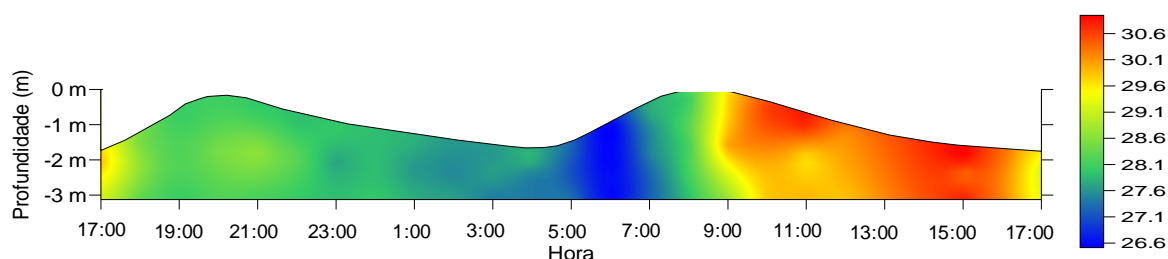


Figura 7: Representação do comportamento da temperatura da água (°C) durante a campanha de maré de sizígia no período chuvoso.

A perda de calor pela água somente é percebida a partir de 1:00 hora, quando a temperatura tende a diminuir, atingindo os menores valores no início da maré enchente no segundo ciclo de maré, ficando situados entre 26,4 e 27,5 °C, no período de 5:00 às 7:00 horas, com uma temperatura média de 27,1 °C no ponto de coleta. Após as 7:00 horas, a temperatura começa a aumentar com a absorção de calor decorrente do aquecimento solar, que só se faz sentir algumas horas após o amanhecer, tornando-se mais intensa durante o período de maior insolação (13 às 15 horas).

Em geral, as temperaturas do estuário não apresentam processo de estratificação térmica, ocorrendo, no entanto, variações temporais por toda a coluna d'água. No período de vazante, no segundo ciclo de maré, a temperatura tende a aumentar em decorrência das entradas localizadas e temporais de água provenientes do escoamento superficial que percorre as planícies de inundação do rio e que em período de descarga chegam ao estuário.

Vale ressaltar, que temperaturas elevadas da água, ou seja, maiores que 27°C, implicam num aumento do metabolismo e respiração dos organismos, além de contribuir, para um maior consumo de oxigênio dissolvido na decomposição da matéria orgânica.

De forma sazonal, as diminuições na temperatura ocorrem quando da chegada substancial das chuvas. No entanto, até a campanha correspondente ao período chuvoso, as chuvas haviam sido pouco expressivas, acarretando numa pequena influência no comportamento deste parâmetro.

Outro fato relevante que se deve considerar, refere-se a existência de uma estreita vinculação entre a dinâmica da circulação e estratificação e as características morfométricas do corpo d'água, o que torna a morfologia um fator importante na determinação do comportamento dos parâmetros hidrológicos.

No ponto de coleta, na desembocadura do Rio Pacoti, os valores de pH apresentaram uma relativa homogeneidade vertical associada, provavelmente, a desestratificação térmica no estuário e a mistura das massas d'água ocasionada pela ação dos ventos intensos, promovendo uma melhor distribuição dos íons na coluna d'água.

O pH, de acordo com a Figura 8, apresentou valores que variaram de 6,4 a 8,3 com os maiores, situados acima de 7,6 ocorrendo com maior intensidade no período de 9:00 às 17:00 horas. Este incremento é ocasionado pela quantidade considerável dos íons HCO_3^- e CO_3^{2-} , em consequência, provavelmente, da influencia marinha, aliado ao baixo nível d'água decorrente da maré vazante tornando a região mais susceptível aos efeitos da evaporação contribuindo para a concentração dessas espécies.

Além disso, pode-se considerar que, por ser este período aquele onde se verifica a maior produção fotossintética, são registrados os valores mais elevados de oxigênio dissolvido, estando intimamente relacionado ao consumo de CO_2 pelas algas, causando um incremento nos valores do pH da água.

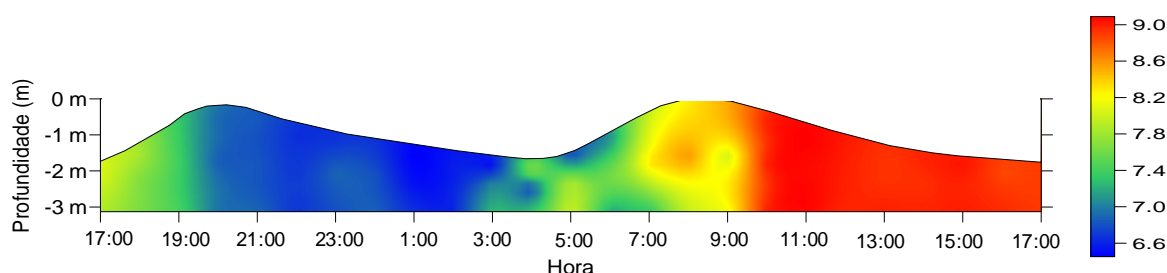


Figura 8: Representação do comportamento do pH durante a campanha de maré de sizígia no período chuvoso.

No entanto, no horário de 20:00 às 3:00 horas, percebe-se a ocorrência dos menores valores, situados entre 6,4 e 7,0 decorrentes da diminuição do oxigênio dissolvido e, de forma menos significativa, da tímida influência das águas do Rio Pacoti, que apresentam um pH mais baixo.

Sawyer e McCarty (1994) afirmam que as algas, durante o processo fotossintético, podem seqüestrar o CO_2 livre ou combinado da água de tal forma que o pH atinge valores entre 9 e 10. Esse fenômeno torna-se mais notório em regiões de pequena profundidade. Os organismos autotróficos fotossintetizantes podem continuar a utilizar o CO_2 até alcançar um pH inibitório situado entre 10 e 11.

Nos períodos de maré enchente, nos dois ciclos de maré, o pH apresentou praticamente o mesmo comportamento, com valores compreendidos entre 7,0 e 7,5.

As variações encontradas para o pH, no estuário do Rio Pacoti, são provenientes essencialmente da chegada das águas salgadas, das águas de escoamento superficial e da produção fitoplancônica.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A salinidade apresentou comportamentos diferentes de acordo com as condições de maré e os períodos climáticos do ano, com amplitudes de variação bem semelhantes entre o mínimo e o máximo nas três campanhas. No período seco, em sizígia, o estuário apresentou-se bastante estratificado, com as maiores salinidades localizadas no fundo do estuário, enquanto que em quadratura, observou-se uma estratificação praticamente vertical homogênea, com as menores concentrações situadas nas baixa-mares. No período chuvoso obteve-se, considerando os dois ciclos de forma independente, um estuário homogêneo, correspondendo a um caso atípico em decorrência de uma precipitação pontual que ocorreu na região.

O aquecimento solar e a ação eólica representam fatores altamente intervenientes nas concentrações e na distribuição do oxigênio dissolvido na coluna d'água ao longo das campanhas, apresentando sempre os maiores valores no período diurno, por conta do desenvolvimento das atividades fotossintéticas. As maiores concentrações ficaram compreendidas entre 6,7 e 7,4 mg/L em condições de sizígia, com um máximo de 8,16 mg/L em maré de quadratura, onde em todas as campanhas, observou-se uma distribuição praticamente uniforme tanto nas águas superficiais quanto nas profundas.

Da mesma forma, a temperatura e o pH apresentam uma distribuição influenciada pela insolação e pela mistura provocada pela ação dos ventos da região, com a temperatura variando de 26,4 a 31,0 °C e a diferença entre a camada superficial e de fundo inferior a 0,4 °C, com o pH atingindo valores compreendidos entre 6,4 e 8,3.

O estuário do Rio Pacoti, nas proximidades da desembocadura, representa ainda uma área livre da poluição antrópica, com a contribuição de fatores como a grande circulação das águas, favorecendo a oxigenação.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMINOT, A., CHAUSSEPIEDE, M. Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin. Centre National pour L'Exploitation des Océans. Paris, 395 p, 1983.
2. ARNAUD P., RAIMBAULT R. L'étang de Salses-Leucate, ses principaux caractères physico-chimiques et leur variation en 1955-56 et de 1960 à 1968. Rev. Trav. I.S.T.P.M., n. 33 (4), p. 355-443, 1969.
3. BECKER, H. Hidrologia dos bancos e ilhas oceânicas do Nordeste Brasileiro. Uma contribuição ao Programa Revizee. 2001. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade de São Carlos, 2001.
4. BOZELLI, R. L., ESTEVES, F. A., RONALD, F., SUZUKI, M. S. Padrões de Funcionamento das Lagoas do Baixo Rio Doce: Variáveis Abióticas e Clorofila a. Espírito Santo. Acta Limnologia Brasileira, v. IV, p. 13-31, 1992.
5. ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro. Interciência, 602 p, 1998.
6. FREIRE, G. S. S. Edute hydrologique et sedimentologique de l'estuarie du Rio Pacoti (Fortaleza – Ceará – Brésil). 1989. These (Doctorat: Sciences de la Terre). Faculte des Sciences et des Techniques, Université de Nantes, 1989.
7. GOMES, D. F. Caracterização Limnológica de um Ecossistema Lacustre Tropical – Lagoa do Uruaú – Planície Costeira do Município de Beberibe – Ceará. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.
8. MELACK, J. M., FISHER, T. R. Comparative Limnology of tropical floodplain lakes with an emphasis on the Central Amazon. Acta Limnologia Brasileira, v. III, p. 1-48, 1990.
9. MIRANDA, L. B., CASTRO, B. M., KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. São Paulo: USP, 414 p, 2002.
10. SAWYER and McCARTY. Chemistry for environmental engineering. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 658 p, 1994.
11. SKJELVAN, I., FALK, E., ANDERSON, L.G., REY, F. Oxygen fluxes in the Norwegian Atlantic Current. Marine Chemistry, v. 73, p. 291-303, 2001.
12. STRICKLAND, J. D. H., PARSONS, T. R. A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada. 2. ed. Ottawa: Bulletin 167, 311 p, 1972.
13. TABAJARA, L. L. C. A. Aspectos hidrodinâmicos e sedimentológicos do sistema lagunar-estuarino de Tramandaí-RS. 1994. 202p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
14. ZHANG, J. Z. The use of pH and buffer intensity to quatify the carbon cycle in the ocean. Marine Chemistry, v. 70, p. 121-131, 2000.