

Avaliação preliminar da qualidade da água em área de extração de mariscos no Rio Paraíba, Cabedelo/PB

Ane Josana Dantas Fernandes ^[1], Maria Mônica Lacerda Martins Lúcio ^[2], Daisy Lee Sales de Araújo ^[3], Liohane Lilian Ramalho Guedes ^[4], Leandro de Lima Trajano ^[5], Ana Paula de Sena Santos ^[6], Rômulo Wilker Neri de Andrade ^[7]

[1] anejfernandes@yahoo.com.br; [2] mmlucio@yahoo.com.br; [3] dlsa_16@hotmail.com; [4] liohanelilian@hotmail.com; [5] leo25lima@hotmail.com; [6] annapaula_senna@yahoo.com.br; [7] romulo_wilker@hotmail.com. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB Campus Cabedelo.

RESUMO

Avaliou-se a qualidade da água que margeia as croas Lombo da Vara, Croa do Ferro e Boca do Rio, localizadas no estuário do Rio Paraíba, nas proximidades do bairro Renascer do município de Cabedelo/PB. Em cada croa foram monitorados dois pontos, totalizando seis pontos. A amostragem foi realizada mensalmente durante os meses de junho a novembro de 2013, sendo as coletas realizadas em triplicata. Os parâmetros avaliados compreenderam temperatura, turbidez, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e os nutrientes amônia, nitrito e fosfato. Os resultados foram discutidos levando em consideração a Resolução CONAMA N° 357/05, que classifica a área do estuário em estudo como sendo de água salobra de classe 2. Os resultados evidenciaram a presença de contaminação por amônia que é proveniente dos efluentes do presídio do Roger, do bairro do Renascer e de um viveiro de camarão localizado na região. No entanto, a amônia é arrastada pela dinâmica da maré, permanecendo em baixa concentração no meio. Esta, em um segundo momento, é oxidada a nitrito, que foi encontrado em valores baixos, estando de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/05. O fosfato também esteve dentro dos padrões exigidos. Faz-se necessário um maior tempo de monitoramento da água, assim como a inserção de outros parâmetros como coliformes.

Palavras-chave: Estuário do Rio Paraíba. Análise de qualidade de água. *Anomalocardia brasiliana*.

ABSTRACT

We evaluated the quality of water that borders the Tenderloin the rod, Croa Iron and Boca do Rio croas, located on the estuary of the River Paraíba, nearby neighborhood Resurrecting the city of Cabedelo / PB. In each croa was monitored two points, totaling six points. Sampling was conducted monthly during the months of June to November 2013, with the collections made in triplicate. The parameters evaluated understood temperature, turbidity, pH, conductivity, dissolved oxygen and nutrients ammonia, nitrite and phosphate. The results were discussed taking into account the CONAMA Resolution No. 357 / 05, where the estuary area under study was classified as brackish water of class 2. The results showed the presence of contamination by ammonia from the effluent which is the prison of Roger, the neighborhood and the Rebirth of a shrimp farm located in the region. However, ammonia is carried away by tidal dynamics and remain at low concentration in the medium. This in a second phase is oxidized to nitrite, which was found at low levels, which is consistent with the CONAMA Resolution No. 357 / 05. Phosphate was also within the required standards. It is necessary a longer time water monitoring, as well as the inclusion of other parameters such as coliforms.

Keywords: Paraíba River estuary. Water quality analysis. *Anomalocardia brasiliana*.

1 Introdução

O município de Cabedelo, cidade portuária, fica localizado no estado da Paraíba, mais precisamente entre o estuário do Rio Paraíba, o Oceano Atlântico e a capital paraibana; João Pessoa. Possui uma área de 31,915 km², apresentando uma forma singular, com 18 km de extensão por 3 km de largura, agregando também a Ilha da Restinga. Caracteriza-se por uma cidade marítimo-pesqueira, devido ao grande número de grupos pesqueiros que nela vivem: são aproximadamente 2724 pescadores e 1343 pescadoras. Esses trabalhadores sobrevivem quase que exclusivamente da pesca artesanal, principalmente na região estuária.

A região estuarina é um ambiente aquático de transição entre um rio e o mar e por isso é considerada um dos ambientes mais dinâmicos do planeta (ANJOS, 2009). Sofre a influência das marés e apresenta fortes gradientes ambientais. Próximo à cabeceira, encontra-se água doce e na desembocadura a água pode ser salobra ou marinha. A área de estudo do estuário do Rio Paraíba localiza-se próxima comunidade do Renascer (coordenadas 7°04'49" S / 34°52'52" W e 7°0'48" S / 34°51'54" W) e apresenta uma grande presença de mangues. Nessa região, destaca-se a extração do marisco (*Anomalocardia brasiliiana*) de forma artesanal, que depende das condições da tábua de maré.

A qualidade final do marisco para consumo humano está diretamente associada à qualidade da água do estuário. O aumento da temperatura leva à desova dos primeiros mariscos, seguida pelos restantes. O local para o cultivo de mariscos não deve ser poluído; deve estar longe da saída de rios; ser afastado do movimento intenso de barcos, banhistas ou pesca; ser uma baía ou enseada longe de ondas fortes, com uma profundidade mínima de dois metros (LAVANDER et al., 2011). Apesar disso, é muito comum visualizar o lançamento de efluentes nas margens do rio e a presença de viveiros de carcinicultura que mesmo estando à jusante dos bancos de areia podem estar afetando a qualidade da água, uma vez que sofrem influência direta da maré.

A Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Ministério do Meio Ambiente e do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA (BRASIL, 2005), estabelece a classificação dos corpos de água em doce, salina e salobra e as diretrizes para esse enquadramento. Além disso, ela dispõe sobre as condições

e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Assim, de acordo com a Resolução N° 357, a água da região do estuário do Rio Paraíba é considerada salobra, e como não há documento que a classifique, sugere-se, pelo uso, que seja de classe 2, que é destinada à pesca amadora e recreação de contato secundário. Os valores limites para os parâmetros estudados e enquadrados na Classe 2 para água salobra estão na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores limites para os parâmetros estudados, de acordo com a Resolução N° 357/05 do CONAMA para a classe 2 de águas salobras.

Parâmetro	Limite
Amônia	≤ 0,7 mg/L N
Fósforo total	≤ 0,186 mg/L P
Nitrito	≤ 0,2 mg/L N
O.D.	≥ 4 mg/L O ₂
pH	6,5 a 8,5

As demais variáveis medidas (temperatura, turbidez, condutividade, salinidade) não foram estabelecidas pela referida Resolução.

Considerando a classificação da água dessa região estabelecida pelo CONAMA, foram definidos os seguintes parâmetros para a pesquisa: pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (O.D.), turbidez, amônia, nitrito e fosfato. Dentre esses, temos o O.D., que se refere às variações nos teores de oxigênio dissolvido, associado aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg/L a 5 mg/L, de acordo com o grau de exigência de cada organismo. A concentração de oxigênio disponível mínima necessária para a sobrevivência das espécies piscícolas é de 4 mg/L para a maioria dos peixes e de 5 mg/L para trutas (NEBEL, 2000). Em condições de anaerobiose (ausência de oxigênio dissolvido), os compostos químicos são encontrados na sua forma reduzida (isto é, não oxidada), a qual é geralmente solúvel no meio líquido, disponibilizando, portanto, as substâncias para assimilação pelos organismos que sobrevivem no ambiente. À medida que cresce a concentração de oxigênio dissolvido, os compostos vão se precipitan-

do, ficando armazenados no fundo dos corpos d'água (BERNARDO; PAZ, 2008).

Assim sendo, destaca-se a importância de determinar esses parâmetros no estuário do Rio Paraíba e analisá-los de forma correlacionada, pois uma alteração em um pode interferir em toda a dinâmica aquática, a exemplo da variação do pH que pode mudar o equilíbrio $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, influenciando na toxicidade da amônia. Além desses parâmetros, também devem ser levados em consideração outros fatores ambientais, como sazonalidade, pluviosidade e a maré.

2 Materiais e métodos

2.1 Local de coleta

O presente projeto foi desenvolvido na área de extração de mariscos, localizada no Rio Paraíba, nas proximidades do bairro Renascer, Cabedelo/PB. Avaliou-se a qualidade da água que margeia as croas Lombo da Vara (LV), Croa do Ferro (CF) e Boca do Rio (BR), conforme Figura 1. A croa Lombo da Vara está identificada na Figura 1 pelos pontos A e B, que apresentam as seguintes coordenadas: A (S: $07^{\circ}04'40.7''$ e W: $034^{\circ}52'46.2''$) e B (S: $07^{\circ}04'26.8''$ e W: $034^{\circ}52'37.0''$). A Croa do Ferro está identificada pelos pontos C e D, com as seguintes coordenadas: C (S: $07^{\circ}04'22.0''$ e W: $034^{\circ}52'16.8''$) e D (S: $07^{\circ}04'13.0''$ e W: $034^{\circ}52'07.4''$). Já a Boca do Rio, está sinalizada pelos pontos E e F, cujas coordenadas são E (S: $07^{\circ}03'43.2''$ e W: $034^{\circ}51'44.5''$) e o ponto F (S: $07^{\circ}03'37.0''$ e W: $034^{\circ}51'45.4''$). Esses pontos que foram identificados em cada croa representam os locais de coleta de água.

Figura 1 – Fotografia das croas Lombo da Vara (A e B), Croa do Ferro (C e D) e Boca do Rio (E e F).



Fonte: Google Earth.

Ainda na Figura 1, o ponto P1 representa uma área onde há lançamento de efluentes do bairro Renascer e no ponto P2 há lançamento de efluentes provenientes do presídio do Roger. O ponto P3, localizado entre os pontos B e C, refere-se a um viveiro de camarão.

2.2 Amostragem

Em cada croa, a coleta foi feita em dois pontos, denominados de A (correspondente aos pontos A, C e E da Figura 1) e B (referente aos pontos B, D e F da Figura 1). A amostragem nos seis pontos foi feita em triplicata autêntica, sendo as amostras identificadas por LVA(1,2,3), LVB(1,2,3); CFA(1,2,3), CFB(1,2,3) e BRA(1,2,3), BRB(1,2,3), totalizando 18 amostras por coleta.

As coletas das amostras de água foram realizadas mensalmente durante cinco meses, abrangendo períodos secos e chuvosos, durante o período compreendido entre junho a novembro de 2013. A Figura 2 mostra a croa Boca do Rio.

Figura 2 – Imagem da Boca do Rio.



Fonte: Acervo próprio.

2.3 Preparo do material para a coleta das amostras

Para a coleta da água, usou-se frascos âmbar de 1 L e frascos de D.B.O. Os frascos âmbar foram deixados em repouso em solução ácida de limpeza de HCl a 10%, durante duas horas aproximadamente, para a correta limpeza, já que com esta água seria realizada análise de fosfato, e no próprio detergente em que é feita a limpeza das vidrarias há presença de fosfato. Após esse tempo de repouso em solução ácida, os frascos foram rinsados com água destilada.

Os materiais usados para a coleta compreendem frascos de DBO, frascos âmbar, pipetas graduadas de 2 mL, pês de borracha, etiquetas, pisseta com água destilada, termômetro, luvas e os reagentes para a fixação do oxigênio em campo, que são a azida sódica e a solução do sulfato manganoso 480 g/L. Esses materiais foram acondicionados em caixas térmicas e as amostras coletadas mantidas refrigeradas com a utilização de sacos de gelo, até chegarem ao laboratório para as análises.

2.4 Análises dos parâmetros físico-químicos da água

Foram avaliados os seguintes parâmetros de qualidade da água: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido (O.D.), turbidez, amônia, nitrito e fosfato. Os métodos utilizados para as análises são os estabelecidos pelo Standard Methods of Water and Wastewater (APHA, 1998).

A análise do oxigênio dissolvido seguiu a metodologia de Winkler, com fixação do oxigênio em campo através da adição das soluções azida sódica e sulfato manganoso 480 g/L. Após a fixação do oxigênio em campo, realizou-se, no laboratório, o procedimento titulométrico para determinação da concentração do oxigênio dissolvido, usando a solução padrão de tiosulfato de sódio 0,025N.

A temperatura foi verificada em campo com termômetro digital da Thermo. Com exceção dos nutrientes: amônia, nitrito e fosfato, as demais análises foram realizadas em laboratório no mesmo dia da coleta. Para a medição da turbidez, utilizou-se o turbidímetro de modelo TB 1000. O primeiro passo foi a calibração do equipamento inserindo as soluções padrões de turbidez 0,1 NTU, 0,8 NTU, 8 NTU, 80 NTU e 1000 NTU, em que NTU indica unidade nefelométrica de turbidez.

Para medir o pH foi utilizado o medidor de pH de modelo $M_{PA-210}/M_{PA-210P}$, que foi calibrado com as soluções tampão de pH = 7,0 e 4,0. A condutividade foi verificada com o condutivímetro MS da Tecnopon.

Para as análises de fosfato, nitrito e amônia, as amostras de água foram filtradas, em sistema de filtração a vácuo, e congeladas para posterior análise em espectrofotômetro de absorção na região do ultravioleta visível (UV-Vis) modelo SP-220 da Biospectro.

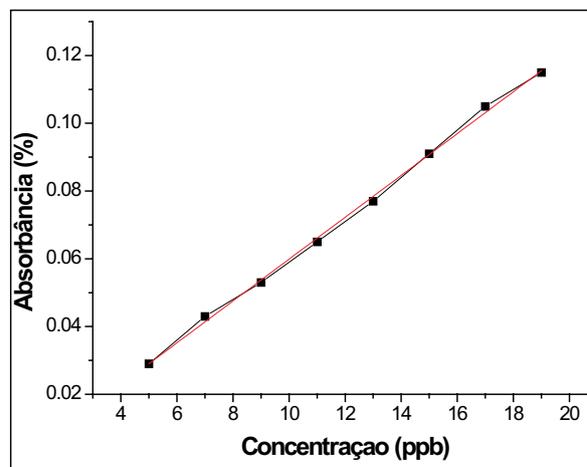
Na análise do nitrito, mede-se 50 mL de amostra, transfere-se para um erlenmeyer e adiciona-se 2,0

mL de reagente combinado. Agita-se bem a mistura e mede-se a absorbância a 543 nm, contra um branco que é preparado com água destilada. A leitura é feita após 10 min, quando a amostra desenvolve a coloração máxima e permanece estável por até 1 h.

O reagente combinado para a análise do nitrito é preparado misturando 100 mL de ácido fosfórico 85%, 10 g de sulfanilamida, 1 g de NED e afere-se o balão volumétrico de 1 L com água destilada. A solução padrão de nitrito é preparada dissolvendo-se 0,246 g de nitrito de sódio (P.A.) em 1 L de água destilada. Para essa solução, verifica-se que 1,0 mL corresponde a 50 $\mu\text{g NO}_2\text{-N}$. Essa solução padrão posteriormente é diluída 100 vezes, de modo que 1,0 mL contenha 0,5 $\mu\text{g NO}_2\text{-N}$.

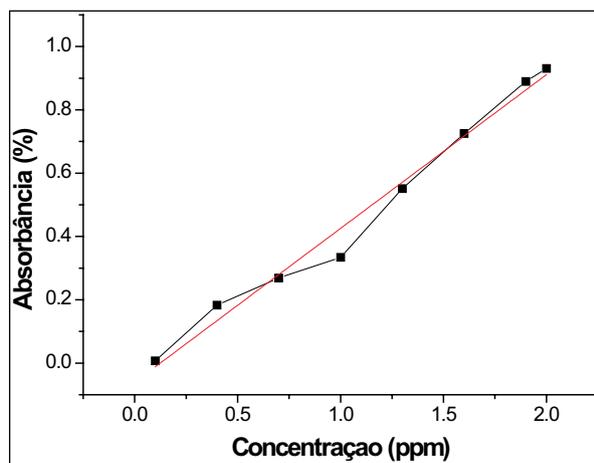
A curva de calibração para o nitrito, na faixa de 5 a 20 ppb, está apresentada na Figura 3. A equação da reta obtida foi $Y = 0.0062x - 0.0019$, com $R^2 = 0.9984$.

Figura 3 – Curva de calibração para o nitrito (5 a 20 ppb).



Para a análise de amônia, transferiu-se 25,0 mL da amostra para um erlenmeyer de 50,0 mL e acrescentou-se 1,0 mL da solução de fenol, 1,0 mL da solução de nitroprussiato de sódio e 2,5 mL da solução oxidante. A solução oxidante é preparada misturando-se 100,0 mL da solução de citrato alcalino com 25,0 mL de hipoclorito de sódio. Cobriram-se as amostras com plástico filme e armazenou-se no escuro por no mínimo 1 h para desenvolvimento da cor azul. A medida foi realizada em comprimento de onda de 640 nm. A curva de calibração no intervalo de 0.1 a 2.0 ppm está apresentada na Figura 4, resultando na equação $y = 0.4843x - 0.0534$, com $R^2 = 0.9842$.

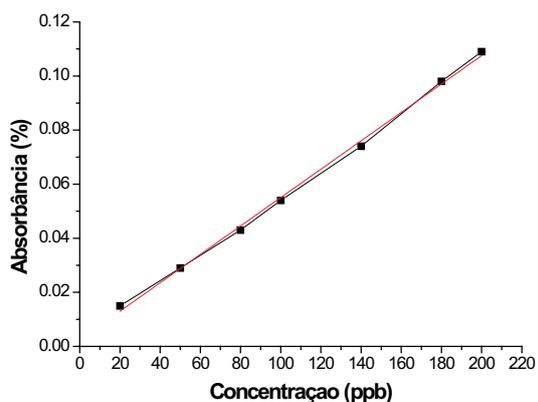
Figura 4 – Curva de calibração para a amônia (0.1 a 2.0 ppm).



Para a análise do fosfato, transferiu-se para um erlenmeyer de 125 mL, 50 mL da amostra. Adicionou-se 1 gota de solução de fenolftaleína. Nas amostras que ficaram rosa, acrescentou-se gotas de ácido sulfúrico 5 N apenas o suficiente para desaparecer a cor. Após isso, adicionou-se 8 mL do reagente combinado e, após 10 min, mas não mais que 30 min, a absorbância foi lida a 880 nm usando o branco como referência. A cor obtida foi o azul.

Para preparar 100 mL do reagente combinado misturou-se (nesta ordem) 50 mL da solução de H_2SO_4 5 N, 5 mL da solução de tartarato de antimônio e potássio, 15 mL da solução de molibdato de amônio e 30 mL da solução de ácido ascórbico 0,1 M. O reagente é estável por 4 horas. A curva de calibração (Figura 5) foi obtida no intervalo de 20 a 200 ppb, resultando na equação $y = 0.0005x + 0.0025$, com $R^2 = 0.998$.

Figura 5 – Curva de calibração para o fosfato (20 a 200 ppb).



3 Avaliação dos resultados

Os dados obtidos foram inicialmente analisados através de gráficos univariados, nos quais observou-se a variação de cada parâmetro ao longo do período de coleta estudado. Entretanto, dados ambientais são complexos devido às correlações existentes entre as diversas variáveis, influenciando em toda dinâmica aquática. Por isso, apenas uma avaliação univariada não é suficiente, e uma Análise de Componentes Principais (PCA) também foi aplicada a esses dados.

A análise por componentes principais consiste em projetar os objetos (pontos), na direção do espaço dimensional das variáveis que contenham a maior quantidade de informação (variância) possível. Como resultado, obtém-se um novo sistema de eixos ortogonais, denominados componentes principais (PCs), que permite separar a parte sistemática dos dados do ruído aleatório (ANJOS, 2009).

Através da PCA, é possível observar grupos de objetos e correlacioná-los com as possíveis causas, avaliar a influência de outros fatores ambientais, tais como pluviosidade e maré, e com isso observar similaridades e diferenças ao longo do trecho do Rio Paraíba estudado.

A PCA foi realizada utilizando o pacote computacional UNSCRAMBLER 9.1 (CAMO).

4 Resultados e discussão

Os resultados da análise univariada encontram-se nas Figuras 06 a 13, que evidenciam como variaram os parâmetros em cada ponto de coleta ao longo do período de investigação. Os gráficos foram plotados considerando as médias das triplicatas para melhor compreensão das variações. Para a discussão dos resultados, o trecho do rio estudado foi classificado como sendo de água salobra de Classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/05. Em um segundo momento, é apresentada a análise multivariada.

4.1 Análises univariadas

Dados importantes para a discussão dos resultados devem ser levados em consideração, como a presença do lançamento dos efluentes do presídio do Roger (P2) nas proximidades da croa Lombo da Vara, a presença de um viveiro de camarão (P3) localizado entre as croas Lombo da Vara e Croa do Ferro e o lançamento dos efluentes do Renascer (P1) nas

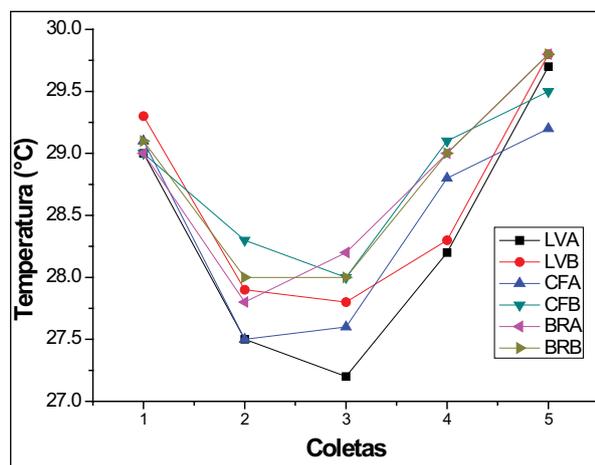
proximidades da croa Boca do Rio, conforme mostra a Figura 1. O lançamento de matéria orgânica irá influenciar toda a dinâmica de nutrientes e demais parâmetros físico-químicos do estuário do Rio Paraíba.

A Figura 6 apresenta a distribuição da temperatura nos seis pontos ao longo do período de coleta. A temperatura da água é um parâmetro muito importante, pois muitas das características físicas, químicas e biológicas dependem dela. A maioria dos animais aquáticos e plantas sobrevive dentro de uma certa gama de temperatura e poucos sobrevivem em casos de mudanças extremas de temperatura (VASCONCELOS et al., 2009).

A solubilidade do oxigênio e do dióxido de carbono na água e as precipitações de alguns compostos são alteradas pela temperatura. Águas frias apresentam mais gases dissolvidos.

Como a área de estudo encontra-se no Nordeste brasileiro, de clima tropical, observa-se pela Figura 6 que a temperatura apresentou uma variação esperada para o clima da região.

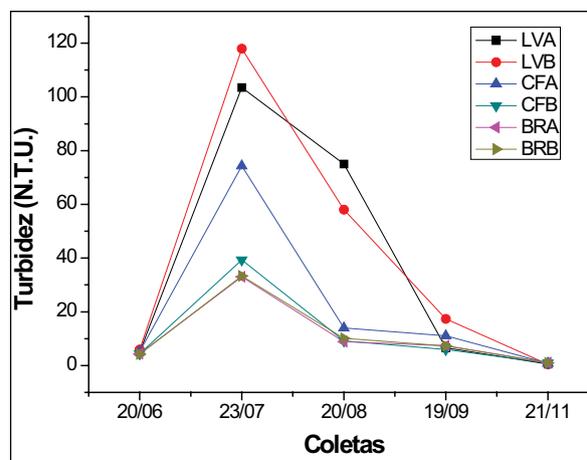
Figura 6 – Distribuição dos resultados da variável temperatura nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.



A Figura 7 traz a distribuição da turbidez nos seis pontos estudados. A turbidez da água deve-se à presença de materiais sólidos em suspensão como areia e argila, que reduzem a sua transparência. Pode ser provocada também pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e muitas outras substâncias como o zinco, ferro, manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (BERNARDO; PAZ, 2008).

A turbidez é um parâmetro importante na vida aquática, porque uma água muito turva impede a entrada de luz solar no corpo d'água, diminuindo a fotossíntese.

Figura 7 – Distribuição dos resultados da variável turbidez nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.

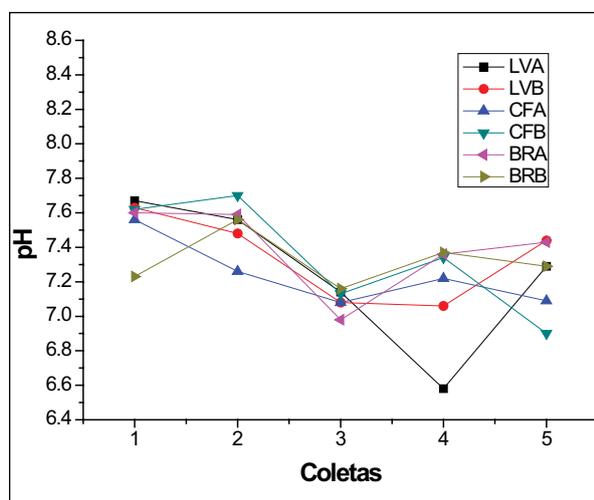


Pela Figura 7, observa-se que a turbidez, de um modo geral, mostrou-se mais elevada nos pontos durante a segunda e terceira coletas, o que pode ser justificado pelo aumento de pluviosidade ocorrida nesse período, que provoca o carreamento de sólidos das margens para o rio. Vale ressaltar que os maiores valores de turbidez foram encontrados nos pontos da croa Lombo da Vara (LV), que são próximos tanto do lançamento dos efluentes do presídio do Roger como da saída de um viveiro de camarão, o que poderia ser a causa desse evento. Na primeira coleta, todos os pontos obtiveram valores próximos e muito baixos de turbidez, apesar de se tratar de um período chuvoso. Isso pode ter acontecido devido à coleta ter sido realizada em maré alta, proporcionando uma diluição dessa turbidez.

A Figura 8 traz a distribuição dos valores de pH. O valor de pH é uma medida da acidez da água. A maioria das formas aquáticas tende a ser muito sensível a esse parâmetro. Valores maiores que 11,0 e menores que 4,0 causam mortalidade das espécies aquáticas. A presença de carbonatos e bicarbonatos conferem alcalinidade às águas. A medida do pH é importante para o controle da poluição, pois possui um profundo efeito no metabolismo dos organismos aquáticos (BOYD, 1995). Águas poluídas com matéria orgânica tendem a ser um pouco ácidas (VASCONCELOS et al., 2009).

A Resolução Nº 357 CONAMA/05 estabelece, para a classe de água em estudo, que o pH esteja compreendido entre 6,5 a 8,5. Pela Figura 8, observa-se que todas as medidas encontraram-se dentro dessa faixa, atendendo à referida Resolução. O valor mais baixo de pH, de 6,6, foi encontrado no ponto LVA, durante a 4ª coleta, e o mais alto, de 7,7, foi observado no ponto CFB, durante a 2ª coleta.

Figura 8 – Distribuição dos resultados da variável pH nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.



A Figura 9 traz a distribuição da condutividade elétrica, que se refere à capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica, atribuída aos minerais presentes nela. Sua quantificação permite estimar, de forma rápida, a quantidade de sólidos dissolvidos totais presentes na água.

A condutividade elétrica apresentou um comportamento inversamente proporcional à pluviosidade, da segunda à quinta coleta. Os dados pluviométricos para a cidade de Cabedelo/PB durante o ano de 2013 encontram-se na Tabela 2. Os valores mais baixos de condutividade foram encontrados na segunda coleta, período com índice de pluviosidade maior. A água da chuva tornou a água do estuário mais diluída, com menor concentração de espécies iônicas. As demais coletas tiveram os índices de pluviosidade diminuídos e, por consequência, a condutividade aumentada. A primeira coleta, apesar de ter sido realizada no período de maior pluviosidade, apresentava maré alta, em que as croas estavam submersas e, portanto, nessa análise, a água do estuário estava com mais características de água salina do que salobra. Devido a isso, encontrou-se resultados elevados para a condutividade elétrica em todos os pontos.

Figura 9 – Distribuição dos resultados da variável condutividade nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.

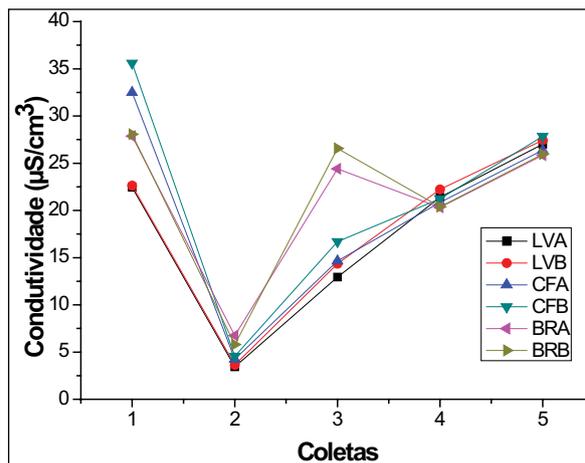


Tabela 2 – Dados pluviométricos para o município de Cabedelo/PB durante o ano de 2013.

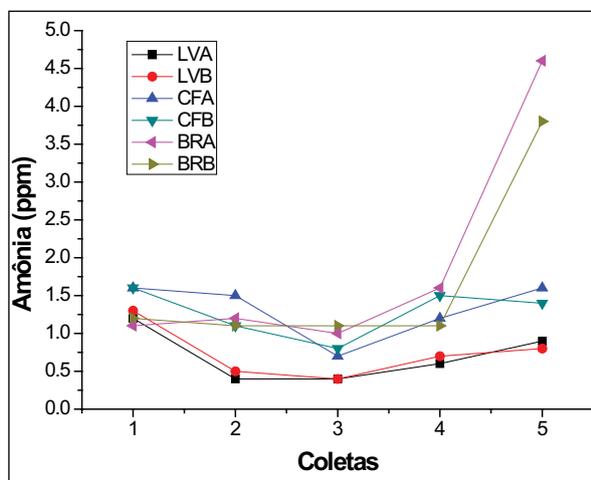
Mês/2013	Índice pluviométrico (mm)
Janeiro	33,4
Fevereiro	35,6
Março	11,1
Abril	271,8
Mai	163,7
Junho	425,0
Julho	454,8
Agosto	200,2
Setembro	269,3
Outubro	27,3
Novembro	25,0

Fonte: AESA.

A Figura 10 traz a distribuição da amônia nos seis pontos estudados. O nitrogênio amoniacal pode estar presente na água sob duas formas: amônia (NH₃) e íon amônio (NH₄⁺), cuja razão NH₃/NH₄⁺ depende do pH, da temperatura e da salinidade ou da composição iônica no ambiente amostrado. Em pH básico, predomina a espécie NH₃, que é mais tóxica que NH₄⁺. A amônia prejudica o crescimento e pode causar a mortalidade de animais aquáticos, se presente em altas concentrações (ARANA, 2004). Por isso, há uma preocupação quando águas de elevado pH recebem

efluentes com altas cargas de nitrogênio amoniacal (CARMOUZE, 1994).

Figura 10 – Distribuição dos resultados da variável amônia nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.



O limite máximo estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para a amônia é de 0,7 mg/L N, que equivale a 0,85 mg/L NH₃ (mg/L=ppm). Portanto, como mostra a Figura 10, apenas a croa LV encontra-se dentro desse limite, exceto durante a primeira coleta e no ponto LVA da última coleta. A CF também atendeu à Resolução durante a terceira coleta. As croas CF (exceto na 3ª coleta) e BR apresentaram valores superiores ao permitido. Como a presença de amônia no ambiente indica contaminação recente de matéria orgânica, proveniente de efluentes, é possível que essa contaminação seja oriunda do lançamento do viveiro de camarão e do efluente do Renascer, podendo também ser contribuição do efluente do Roger, que, além da proximidade com esses pontos, sofre interferência diária da maré. Vale ressaltar que os maiores valores de amônia foram encontrados na croa BR durante a última coleta, o que pode estar associado tanto ao fato de que este mês foi o de menor pluviosidade quanto à maré baixa.

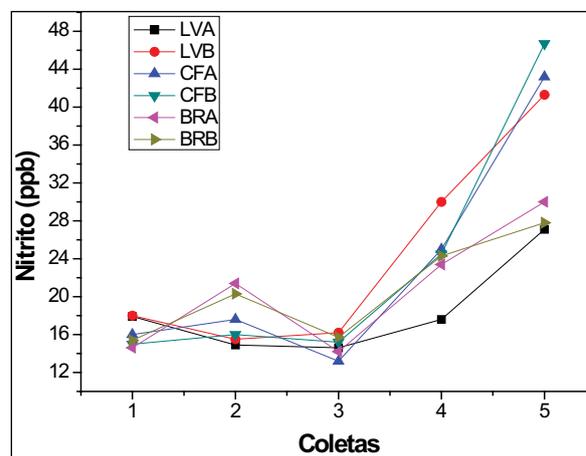
A croa LV apesar de ser próxima ao lançamento do efluente do Roger, encontra-se numa posição paralela. Talvez por isso, o efeito de maré não seja tão pronunciado quanto nas outras croas que se encontram na mesma direção desse lançamento.

O nitrito (NO₂⁻) pode ser formado tanto pela oxidação da amônia quanto pela redução do nitrato. Nitritos podem ser encontrados na água como produto da decomposição biológica do nitrogênio amoniacal

ou de efluentes industriais. O nitrito é capaz de oxidar a hemoglobina do sangue dos animais aquáticos, convertendo-a em meta-hemoglobina, que torna-se incapaz de transportar oxigênio, provocando a morte dos organismos por asfixia (ARANA, 2004).

A Resolução CONAMA Nº 357/05 estabelece o valor máximo permitido de 200 µg/L N ou 200 ppb N e 660 µg/L NO₂⁻. Pela Figura 11, que traz a distribuição para o nitrito, observa-se que o parâmetro esteve de acordo com o CONAMA em todos os pontos, com valor mínimo de 13,2 ppb na terceira coleta para o ponto CFA e valor máximo de 46,7 ppb para o ponto CFB durante a quinta coleta. Apesar da concentração da amônia ter sido elevada nas croas CF (exceto na 3ª coleta) e BR, ficando acima do estabelecido pelo CONAMA, a concentração do nitrito foi baixa em todos os pontos, sugerindo que o efeito da maré não tem dado tempo suficiente para a amônia se oxidar a nitrito. A pluviosidade exerceu influência na concentração do nitrito, sugerindo que em períodos menos chuvosos, sua concentração foi mais elevada em todos os pontos.

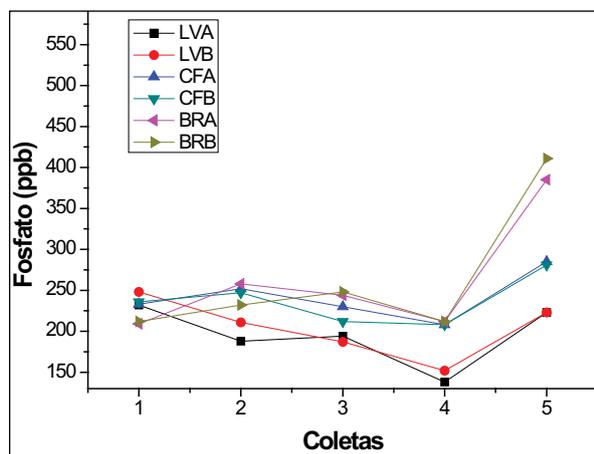
Figura 11 – Distribuição dos resultados da variável nitrito nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.



O fósforo é um elemento essencial à vida aquática; é um excelente nutriente, não apresenta toxicidade, mas pode promover o crescimento excessivo de algas e a consequente eutrofização do meio. Os teores de fosfato são normalmente pequenos na superfície dos oceanos e zonas costeiras não poluídas, variando de 0 a 1µmol/L P-PO₄³⁻. Altas concentrações indicam fontes de contaminação antrópicas (AMINOT; CHAUSSEPIED, 1983).

A Figura 12 traz a distribuição para o fosfato. A Resolução CONAMA N° 357/05 estabelece o valor máximo permitido de 186 µg/L P e 570 µg/L PO₄³⁻ (µg/L=ppb). Todos os pontos analisados encontram-se de acordo com a Resolução. A concentração mínima foi de 138 ppb para o ponto LVA na quarta coleta e a máxima de 411 ppb para o ponto BRB na quinta coleta. O perfil da variação da concentração mostrou-se muito semelhante ao observado para a amônia, apresentando a croa LV as menores concentrações de fosfato por motivos semelhantes aos discutidos anteriormente e a croa BR as maiores concentrações, se considerarmos da terceira à quinta coletas. O fator pluviométrico também foi preponderante, com períodos de seca aumentando a concentração do analito.

Figura 12 – Distribuição dos resultados da variável fosfato nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.

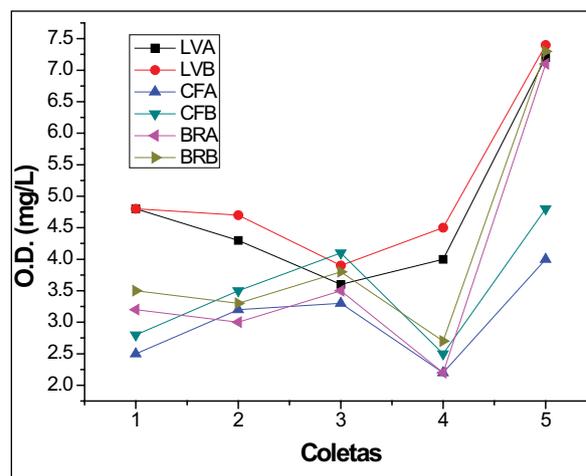


A análise de oxigênio dissolvido mede a quantidade de oxigênio necessária para o bom desenvolvimento de peixes, invertebrados e algas em corpos de água, como rios, lagos, barramentos etc. A maioria das plantas aquáticas precisa de oxigênio para sobrevivência e trabalhos evidenciam que quando a concentração do OD é inferior a 2,0 mg/L muitos peixes acabam morrendo. O baixo nível de oxigênio na água é evidência de poluição (VASCONCELOS et al., 2009).

A Resolução CONAMA N° 357/05 pede que o oxigênio dissolvido esteja em uma concentração igual ou superior a 4 mg/L, o que, pela Figura 13, que traz a distribuição do oxigênio dissolvido, não foi o observado para a grande maioria dos pontos. Espera-se que o aumento de nutrientes no meio implique em uma redução na concentração do oxigênio dissolvido. Esse comportamento ocorreu na croa LV, que apresentou

as menores concentrações da amônia e do fosfato e, por consequência, as maiores concentrações de oxigênio dissolvido, estando apenas o ponto LVA da terceira coleta em desacordo com a Resolução. Deve-se levar em consideração também que o meio trata-se de um ambiente estuarino, que não está em repouso e sofre influência constante da maré.

Figura 13 – Distribuição dos resultados da variável oxigênio dissolvido nos seis pontos de coleta ao longo do período de junho a novembro de 2013.



4.2 Análise multivariada

Uma análise de componentes principais, utilizando o método de validação cruzada, foi empregada ao conjunto de dados do Rio Paraíba, a fim de buscar similaridades e diferenças entre os pontos de coleta analisados. O modelo foi construído com 5 PC's, 8 variáveis e 90 amostras, obtendo uma variância explicada total de 95%. O resultado obtido é mostrado nas Figuras 14 e 15.

Observando o gráfico dos escores mostrado na Figura 14, é possível notar que, de modo geral, não há diferença significativa entre os pontos de coleta. Isso possivelmente acontece pelo efeito da maré, que proporciona uma mistura diária da água do rio em estudo. Observou-se também o agrupamento das amostras por coletas, evidenciando a forte influência da sazonalidade nas variáveis medidas. Três grupos destacam-se nesse gráfico, representados pelas coletas 2 e 5. Para melhor entendimento desse fato, é necessário avaliar também o gráfico dos pesos, ou seja, as variáveis responsáveis por essa separação. O gráfico dos pesos é mostrado na Figura 15.

Figura 14 – Gráfico dos escores de todas as coletas medidas, utilizando validação cruzada e variância explicada de 68% nas 2 PC's.

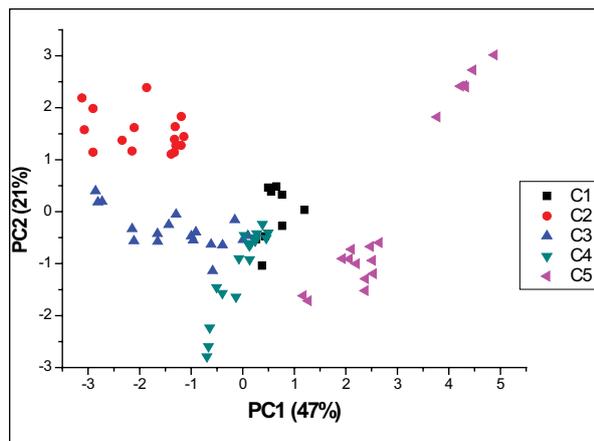
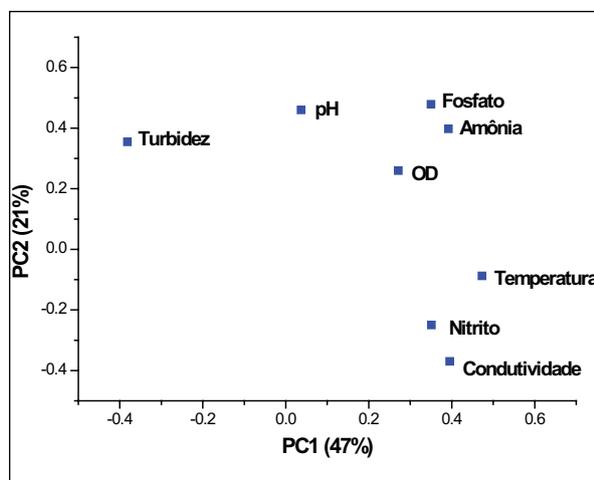


Figura 15 – Gráfico dos pesos de PC1 x PC2 para o conjunto completo de amostras e variáveis (90 amostras e 8 variáveis).



Avaliando o gráfico de pesos, nota-se que a variável responsável pela separação das amostras da coleta 2 (lado esquerdo do gráfico) é a turbidez. Nesse mês de coleta houve um dos mais altos índices de pluviosidade (454 mm), que pode ter proporcionado o carreamento de sólidos a partir das margens do rio, provocando assim um aumento nos valores de turbidez. Vale lembrar que essa coleta foi realizada com a maré baixa, fato que também contribuiu para obtenção desses valores. É importante destacar que na primeira coleta o índice de precipitação foi similar ao da segunda coleta, entretanto o mesmo comportamento não foi observado, possivelmente porque a

coleta foi realizada com a maré alta, ocorrendo assim uma diluição do meio.

A coleta 5 também destaca-se das demais, formando grupos a direita da Figura 14. Observa-se ainda que as principais variáveis responsáveis por essa separação são os nutrientes. Esse comportamento já era esperado, e dois fatores podem estar influenciando na formação desses grupos: baixo índice de pluviosidade (25 mm) e maré baixa, promovendo um aumento na concentração dessas variáveis. Vale salientar que as amostras da croa BR se diferenciaram das demais na mesma coleta, possivelmente por sofrer influência direta do despejo de efluente do Renascer e efeito cumulativo ao longo do estuário.

Diante do exposto, fica evidenciada a forte influência da sazonalidade nas variáveis estudadas, destacando a importância das técnicas multivariadas para a análise de dados ambientais.

5 Conclusões

A avaliação preliminar da água do estuário do Rio Paraíba, nas localidades do bairro Renascer, município de Cabedelo/PB, que margeiam as croas Lombo da Vara, Croa do Ferro e Boca do Rio, evidenciou a presença de contaminação por amônia, que é proveniente dos efluentes do presídio do Roger, do bairro do Renascer e de um viveiro de camarão localizado na região. No entanto, a amônia é arrastada pela dinâmica da maré, permanecendo em baixa concentração no meio. Esta, em um segundo momento, é oxidada a nitrito, que foi encontrado em valores baixos, estando de acordo com a Resolução CONAMA Nº 357/05. O fosfato também esteve dentro dos padrões exigidos. O principal fator que exerceu influência sobre os parâmetros físico-químicos avaliados foi a sazonalidade. Dentre as croas, a Boca do Rio é a que apresenta uma maior concentração de poluentes, pelo fato de sofrer o efeito cumulativo dos lançamentos dos efluentes citados, e a croa Lombo da Vara a que apresenta a menor contaminação.

Para termos conclusões mais precisas sobre a qualidade dos mariscos que são extraídos pelos pescadores caiçaras da região, faz-se necessário um maior tempo de monitoramento da água, assim como a inserção de outros parâmetros como coliformes, DBO, dentre outros. Este trabalho de pesquisa seguirá em andamento.

REFERÊNCIAS

AMINOT, A.; CHAUSSEPIED, M., **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: CNEXO, 1983. 379 p.

ANJOS, A. E. S. **Avaliação quimiométrica da influência da carcinicultura sobre a qualidade da água do Rio da Ribeira/Santa Rita/PB**. 2009. 63 f. Dissertação (Mestrado em Química)-UFPB, João Pessoa, 2009.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington: American PublicHealth Association, 1998. 1085 pp.

ARANA, L. V. **Princípios químicos de qualidade de água na Aquicultura**: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. 231p.

BERNARDO, L. D.; PAZ, L. P. S. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. Vol.1. São Carlos: LDIBI LTDA, 2008, 878 p.

CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo: Ed. FAPESP, 2004.

BOYD, C. E. **Bottom Soils, Sediment and pond aquaculture**. New York: Chapman e Hall, 1995.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17.03.05. Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

LAVANDER, H.D. et.al. Biologia reprodutiva da Anomalocardia brasiliensis (Gmelin, 1791) no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 6 (2), p. 344-350, 2011.

NEBEL, B. J.; WRIGHT, R.T. **Environmental Science**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.

VASCONCELOS, F. M.; TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Avaliação da qualidade de água-Base tecnológica para a gestão ambiental**. 1. ed., Belo Horizonte, MG: SMEA, 2009.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Bolsa de Pesquisador do IFPB.