

Capítulo VII

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE NUTRIENTES FOSFATADOS E NITROGENADOS DA BACIA DO RIO GRAMAME, PARAÍBA E SUA INFLUÊNCIA NA ASSEMBLEIA DE PEIXES





ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DE NUTRIENTES FOSFATADOS E NITROGENADOS DA BACIA DO RIO GRAMAME, PARAÍBA E SUA INFLUÊNCIA NA ASSEMBLEIA DE PEIXES

Mariana Vieira Turnell Suruagy¹, Maria Cristina Crispim²

¹Universidade de Leeds, mariana.turnell@gmail.com (autora correspondente)

²Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Laboratório de Ecologia Aquática, ccrispim@hotmail.com

RESUMO

Em virtude das ações antropogênicas, ecossistemas aquáticos estão sendo rapidamente alterados em todo o mundo. O impacto negativo de poluentes, mudanças na hidrologia da bacia, resultam na perda de qualidade da água, dificultam a manutenção da integridade desses ecossistemas, além de afetarem de forma significativa as populações de peixes. As comunidades ribeirinhas da Bacia do Rio Gramame apresentam falta de água encanada e saneamento básico, bem como grande quantidade de plantio de cana-de-açúcar, cuja lixiviação, em tempos chuvosos, pode carrear poluentes advindos de fertilizantes, além do lançamento de efluentes industriais. Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do Rio Gramame, através de análises de nutrientes fosfatados e nitrogenados e relacioná-los com possíveis impactos na comunidade ictiofaunística. O estudo foi desenvolvido ao longo de oito pontos de coleta de água e exemplares da ictiofauna ao longo do rio, sendo quatro pontos a montante e quatro pontos a jusante do reservatório de Gramame: P1-P8. A ictiofauna foi coletada com o auxílio de diversas artes de pesca (tarrafa, rede malhadeira, gererê e covos), e as análises físicas e químicas realizadas com base em APHA (1998). Os resultados evidenciam que a amônia e nitrato foram mais concentrados no inverno, bem como associados diretamente à poluição difusa; escoamento de nutrientes nitrogenados advindos de fertilizantes utilizados em plantações de cana de açúcar no P1 e P5. Por outro lado, o nitrito e fósforo, apresentaram valores mais baixos em relação aos supracitados ao longo da Bacia (P6), e estavam relacionados com fontes de poluição por efluentes industriais. Verificou-se que as interferências antropogênicas ao longo do rio não foram homogêneas e que as espécies que estiveram mais relacionadas com ambientes degradados, aqui representados pela presença de nutrientes fosfatados e nitrogenados foram: *A. bimaculatus*, *A. fasciatus*, *O. niloticus*, *P. vivipara*, *R. quelen*, *S. marmoratus* e *P. brevis*.

Palavras-Chave: Impactos antropogênicos, qualidade de água, Bacia do Rio Gramame, Ictiofauna

ABSTRACT

Due to anthropogenic actions, aquatic ecosystems are being

rapidly altered throughout the world. The negative impact of pollutants and changes in the hydrology of the basin result in the loss of water quality, make it difficult to maintain the integrity of these ecosystems, and significantly affect fish populations. The riverside communities of the Gramame River Basin lack drinking water and basic sanitation, as well as a large amount of sugarcane plantations, whose leaching during rainy seasons can carry pollutants from fertilizers, in addition to the release of industrial effluents. Thus, this study aimed to evaluate the water quality of the Gramame River, through analyses of phosphate and nitrogen nutrients and relate them to possible impacts on the fish community. The study was developed along eight water and fish collection points along the river, four points upstream and four points downstream of the Gramame reservoir: P1-P8. The ichthyofauna was collected using various fishing gears (cast nets, gill nets, gererê nets and pots), and the physical and chemical analyses were performed based on APHA (1998). The results show that ammonia and nitrate were more concentrated in winter season and were directly associated with diffuse pollution; nitrogen nutrients flow from fertilizers used in sugarcane plantations in P1 and P5. On the other hand, nitrite and phosphorus presented lower values than those mentioned above throughout the Basin (P6), and were related to sources of pollution from industrial effluents. It was found that anthropogenic interference along the river was not homogeneous and that the species that were most related to degraded environments, here represented by the presence of phosphate and nitrogen nutrients, were: *A. bimaculatus*, *A. fasciatus*, *O. niloticus*, *P. vivipara*, *R. quelen*, *S. marmoratus* and *P. brevis*.

Keywords: Anthropogenic impacts, Water quality, Gramame River Basin, Ichthyofauna.

INTRODUÇÃO

A degradação do meio ambiente agravou-se concomitantemente com o processo industrial e econômico que o mundo passou em meados do século XVIII, quando os recursos naturais começaram a ser usados em grande quantidade a fim de atender as novas necessidades da

humanidade em um mundo moderno (Pereira, 2016). A crescente industrialização tem permitido que a poluição advinda de fábricas e esgotos atinjam mananciais superficiais, principalmente os que cruzam as cidades e servem para o abastecimento público, comprometendo o equilíbrio do ecossistema e o bem-estar das comunidades ribeirinhas (Guedes, 2011).

Segundo Lima (2005), a bacia hidrográfica reflete sistemicamente todos os efeitos de impactos ambientais e degradações. A identificação da mesma como unificadora dos processos ambientais e das interferências humanas leva à sua adoção como unidade de pesquisa, permitindo a avaliação da qualidade e sustentabilidade ambiental, a partir da análise tanto de fatores físicos e químicos, como também biológicos e socioeconômicos.

Poluição Ambiental na Bacia do Rio Gramame

A Bacia do Rio Gramame abastece 70% da grande João Pessoa, através da barragem Gramame-Mamuaba. Entretanto, as comunidades marginais ao leito do rio apresentam problemas da falta de água encanada e saneamento básico, bem como grande quantidade de plantio de cana-de-açúcar, cuja lixiviação, em tempos chuvosos, pode carrear poluentes advindos de fertilizantes (Nunes; Garcia, 2012).

A perda da qualidade da água do rio vem ocorrendo após a instalação do distrito industrial no seu médio curso, no final da década de 1960, desde então o ecossistema e os comunitários sofrem com o lançamento de dejetos nas redes de drenagem, contribuindo para a perda da capacidade de autodepuração dos rios Gramame, Mumbaba e Mamuaba, e riachos como o Mussuré, além da mortandade de peixes, camarões, caranguejos, animais que servem como fonte de renda para muitos pescadores da região (Nunes; Garcia, 2012).

Segundo Abrahão (2006), o principal tipo de poluição do Rio Gramame, desde a instalação do distrito são os componentes químicos, provenientes de efluentes de indústrias de pequeno, médio e grande porte e de diversos gêneros: produtos cerâmicos, alimentícia, bebidas, metalúrgica, produtos farmacêuticos e veterinários,

perfumaria, concretaria, vestuários e artefatos de tecido, fabricação de móveis, produtos químicos (isopor), pré-moldados, calçados, produtos elétricos, gráficas, produtos plásticos, e adesivos. A problemática maior é que se estima em menos de 5% aqueles estabelecimentos com tratamento de efluentes, contando, por exemplo, com lagoas de estabilização. Mesmo assim, este tipo de tratamento de efluentes não é adequado e suficiente para devolver uma água com qualidade para os rios. Abrahão (2006) estudou a carga poluidora (DBO) para cada indústria que lança seus efluentes no Riacho Mussuré, concluindo que as mesmas possuem um potencial poluidor (em termos de DBO) equivalente a uma população de 671.165 habitantes. Isso seria o mesmo que lançar quase todo o esgoto da cidade de João Pessoa no Rio Gramame.

Recentemente, em 2018, o rio sofreu um acidente de contaminação de suas águas com 80 m³ de Hidróxido de Sódio (NaOH), insumo proveniente da utilização para tratamento da água bruta, para correção de pH, pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) na Estação de Tratamento de Água (ETA) em Marés, além de despejos de uma indústria de celulose, afetando a qualidade da água a jusante (Souza, 2020). Os resíduos de celulose são compostos principalmente por lama de cal e *dregs*. Este último, possui uma cor acinzentada que contém carbono, hidróxido, sulfetos de metais, além de outros elementos (Almeida et al., 2007). Tais fatos ocasionaram a morte de peixes e a perda da biodiversidade devido à alteração do equilíbrio ecossistêmico (SUDEMA, 2018; Souza, 2020). Aponta-se, portanto, a necessidade de um constante monitoramento dos parâmetros ambientais, de forma a alertar para a qualidade de água do rio.

Além das análises físicas e químicas (Condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, temperatura, transparência da água, turbidez, sólidos totais dissolvidos, clorofila-a e análises dos principais nutrientes fosfatados (fósforo total e ortofosfato) e nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato), é de extrema importância o biomonitoramento ou monitorização biológica (Dillenburg, 2007). Esta

consiste nas respostas dos organismos vivos para determinar alguma condição ambiental, pois segundo Li et al. (2010), tais organismos possuem mecanismos de resposta a adaptações físicas, químicas e biológicas a longo prazo, sendo possível avaliar os impactos ecológicos no ecossistema por um longo período. Por serem bioindicadores, podem ser usados para avaliar a qualidade de água e indicam o efeito de ações humanas sobre os recursos naturais (Gressler et al., 2012).

A comunidade ictiofaunística como bioindicadora apresenta algumas vantagens. Segundo Karr (1981), e confirmadas ou complementadas posteriormente por outros autores (Simon; Lyons, 1995; Barbour et al., 1999), algumas dessas vantagens são: 1) sua posição no topo da teia alimentar aquática, quando comparada com organismos de níveis tróficos mais baixos (diatomáceas e invertebrados), oferece uma visão integrada do corpo hídrico; 2) peixes vivem todo o seu ciclo de vida na água, o que integra a história física, química e biológica desses corpos de água. Desta forma, alterações nas condições ambientais promovem uma reestruturação das assembleias ícticas, refletindo as condições vigentes da bacia hidrográfica em que estão inseridas. A ictiofauna da Bacia do Rio Gramame foi estudada por diferentes autores (Canella; Rodrigues, 1978; Pedro, 1995; Marques, 1996; Soares, 1996; Torelli et al., 1997; Soares et al., 1998; Gomes Filho; Rosa, 2001; Beltrão et al., 2009, Da Silva, 2014; Souza 2020,) que abordaram aspectos reprodutivos, tróficos, de crescimento de algumas de suas espécies, além da composição da mesma e sua relação com a presença/ausência de vegetação marginal, porém nunca as relacionando com a qualidade da água em vários ambientes distribuídos a jusante e montante do reservatório.

Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do Rio Gramame, através de análises de nutrientes fosfatados e nitrogenados e relacioná-la com possíveis impactos na comunidade ictiofaunística. Os dados obtidos através de análises de água permitem comparações com os padrões estabelecidos pela legislação vigente. Além disto, pode-se avaliar a variação espacial (nos diferentes pontos de coleta) da qualidade da água e temporal (verão e inverno).

Apesar dos dados já terem algum tempo de coleta, refletem a realidade na época, da qualidade da água e sua interferência na presença da ictiofauna. O rio continua sujeito aos mesmos impactos, urbanização, e atuação do distrito industrial. Estudos posteriores acerca da ictiofauna do Rio Gramame foram desenvolvidos (Da Silva, 2014; Souza 2020), os mesmos não relacionam as espécies ictiofaunísticas com a qualidade ambiental (nutrientes fosfatados e nitrogenados) através de análises estatísticas detalhadas, como a Análise de Correspondência Canônica (ACC) e dos Componentes Principais (ACP). Nesse sentido, o presente trabalho pode servir como marco temporal dos impactos sofridos na bacia e que permanecem até os tempos atuais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta Limnológica e da ictiofauna

Local e época de coleta das amostras

O estudo foi desenvolvido ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Gramame (Figura 1). Esta bacia está localizada entre as latitudes 7°11' e 7°23' sul e as longitudes 34°48' e 35°10' 1999). Ao todo foram oito pontos de coleta de água e exemplares da ictiofauna ao longo do rio, sendo quatro pontos a montante e quatro pontos a jusante do reservatório de Gramame. Os pontos de coleta foram denominados de P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 e estão indicados na figura 1. A determinação dos pontos de amostragem foi feita com o auxílio de um GPS, cujas coordenadas estão mostradas na tabela 1, e a sua escolha foi baseada no fato de abrangerem afluentes/tributários do Rio Gramame ex.: Rio Mumbaba, para verificar a qualidade de água que está entrando pelos contribuintes, além de pontos perto de lançamento de efluentes. Na tabela 1 estão especificados entre parênteses os principais impactos antrópicos sofridos nos pontos de coleta (Goldfarb et al. 1999). As coletas dos espécimes foram realizadas nos meses de abril, maio, junho, julho, agosto, setembro e novembro de 2010 e fevereiro, março, abril e maio de 2011, correspondendo ao período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

Tabela 1. Distribuição dos pontos de amostragem no Rio Gramame e suas respectivas coordenadas geográficas.

	Local	Coordenadas Geográficas
A montante da barragem do Rio Gramame		
P1	Confluência do riacho Utinga com o Rio Gramame, Pedras de Fogo/PB.	Latitude 7°14'05,3"S Longitude 34°50'58,7" W;
P2	Confluência do riacho Quizada com o Rio Gramame, Pedras de Fogo/PB.	Latitude 7° 19'31,8"S Longitude 34° 59' 32,3"W
P3	Início do reservatório do Rio Gramame, Vaiscecada, Pedras de Fogo/PB. (Introdução de espécies exóticas)	Latitude 7°19'31,8"S Longitude 34°59'32,3"W
P4	Reservatório do Rio Gramame - Alhandra/PB. (Introdução de espécies exóticas)	Latitude 7°16'50,7" S Longitude 34°57'37,6" W
A jusante da barragem do Rio Gramame		
P5	Confluência do rio Mumbaba com o Rio Gramame, Engenho Velho, João Pessoa/PB (lançamento de efluentes industriais)	Latitude 7°12'31,3" S Longitude 34°54'36,2" W
P6	Rio Gramame, Engenho Velho, João Pessoa/PB.	Latitude 7°12'31,5" S Longitude 34°54'31,0" W
P7	Confluência do rio Jacoca com o Rio Gramame, Mituaçu, Conde/PB.	Latitude 7°14'58,2"S Longitude 34°52'42,5"W
P8	Rio Gramame, Mituaçu, Conde PB (Lançamento de efluentes domésticos)	Latitude 7°13'52,1"S Longitude 34°50'30"W

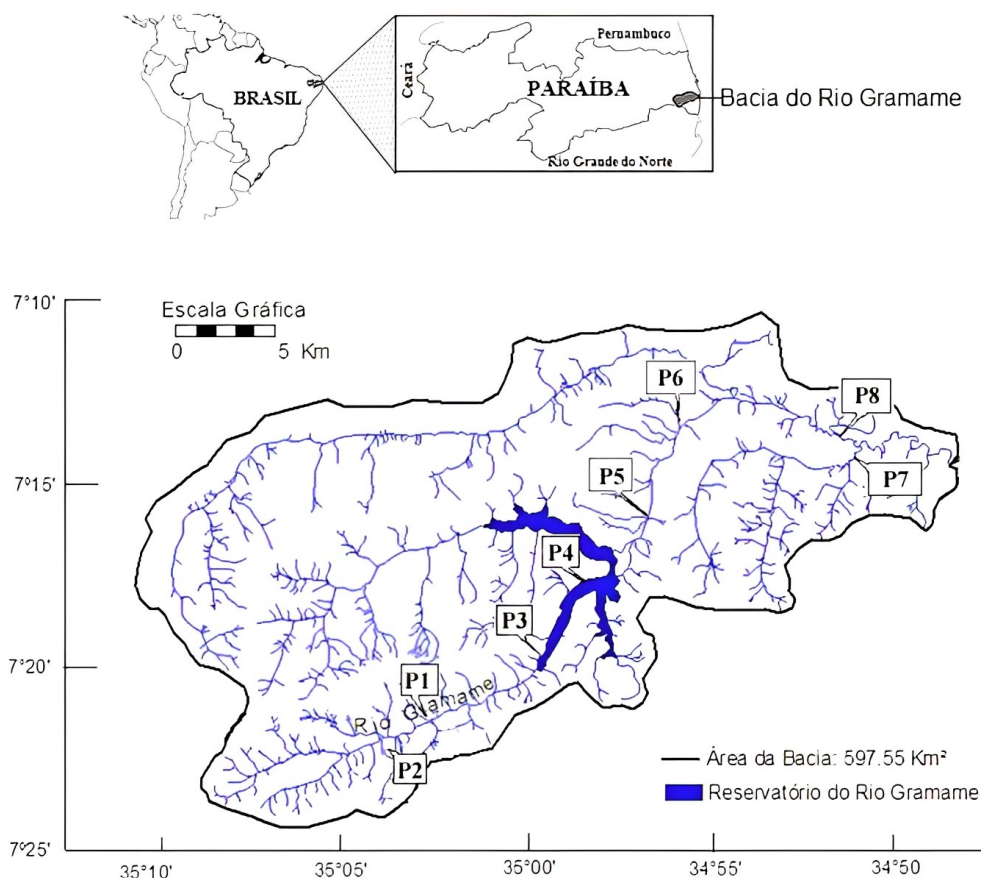


Figura 1. Localização da bacia Hidrográfica do Rio Gramame-Paraíba, com distribuição dos pontos de coletas a montante e jusante do reservatório de Gramame. Fonte: Maria Marcolina Cardoso.

Apetrechos de pesca utilizados durante a captura da ictiofauna

Os peixes foram capturados com o auxílio de pescadores locais, através da utilização de redes

de espera (de malhas 20, 25 e 35 mm entre nós adjacentes), tarrafas (com malhas de 15 e 20 mm entre nós adjacentes) redes de arrasto (com malhas 15, 20 e 30 mm entre nós adjacentes), além de

covos e gererês, visando a captura de indivíduos nos diferentes tamanhos e faixas etárias. Os apetrechos utilizados variaram de acordo com as peculiaridades fisiográficas e fisionômicas de cada um dos pontos amostrais (Suruagy; Crispim, 2023).

Triagem e identificação taxonômica das espécies

Em laboratório foi feita a triagem e biometria dos espécimes. A identificação taxonômica dos peixes foi baseada em chaves de identificação segundo Britiski (1972), Britiski et al. (1984), Menezes e Figueiredo (1980, 1985), Vari (1991) e Nakatani et al. (2001). Em um segundo momento, alguns lotes das espécies foram separados para catalogação na Coleção Ictiológica do DSE/ CCEN/UFPB. Para tanto, essas espécies foram fixadas em formol a 10% e posteriormente conservadas em álcool a 75%.

Coleta de dados físicos e químicos

Foram realizadas análises das variáveis indicadoras de eutrofização como: nitrito, nitrato, amônia e fosfato. Os locais de coleta de água para análise dessas variáveis corresponderam aos locais de coleta da ictiofauna (Tabela 1). As amostras de água para determinação dos nutrientes fosfatados e nitrogenados foram coletadas e armazenadas em frascos de polietileno de 1 litro, colocadas dentro de uma caixa de isopor com gelo, a fim de minimizar a ação bacteriana e as reações químicas até à chegada ao Laboratório de Ecologia Aquática – LABEA, DSE/CCEN/UFPB, para as análises necessárias. Os nutrientes fosfatados e nitrogenados foram analisados segundo as metodologias propostas em APHA (1998), segundo descrição abaixo (Tabela 2).

Índices pluviométricos

Os índices pluviométricos dos municípios estudados; Alhandra, Conde, João Pessoa e Pedras de Fogo, foram fornecidos pelo Laboratório de Meteorologia e Sensoriamento Remoto da Paraíba

(LMRS-PB), disponíveis no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2011).

Análise de Componentes Principais

Para resolver e simplificar as variáveis físicas e químicas, utilizou-se a análise de componentes principais (PCA) através da matriz de covariância.

Análise Canônica de Correspondência (ACC)

Para conhecer a relação existente entre a presença das espécies que ocorreram nos oito pontos de amostragem e os descritores (Pluviosidade, Nitrito, Nitrato, Amônia e Fosfato) foi utilizada uma análise de correspondência canônica (ACC), calculada através do programa R® (R Development Core Team, 2011).

Este é um dos melhores métodos para análise direta do gradiente em ecologia de comunidades (Ter Braak, 1989), por descrever as maiores tendências na distribuição de espécies e fatores ambientais correlatos. A ACC permite representar simultaneamente a ordenação espacial de amostras, espécies e variáveis ambientais, que mostram como o ótimo da comunidade varia de acordo com o ambiente (Ter Braak; Smilauer, 2002). Para a realização da ACC e a PCA, todos os dados foram previamente padronizados para diminuir a variância.

Análises Estatísticas

Inicialmente todos os dados foram submetidos ao teste de Shapiro Wilks para averiguar a adequação à normalidade. Para testar se houve diferença dos parâmetros físicos e químicos entre os pontos amostrais, foi realizado o teste ANOVA one-Way, assim como para testar se as riquezas de espécies apresentam diferenças significativas entre os locais de coleta. Posteriormente foi realizado o teste de Tukey, para realizar as comparações pareadas, sendo

Tabela 2. Métodos utilizados na análise de nutrientes das amostras retiradas do Rio Gramame.

Análise	Método
(a) Nitrito	4500 NO ₂ – B Método colorimétrico (APHA, 1998)
(b) Nitrato	4500 NO ₃ – E Método da coluna de cádmio (APHA, 1998)
(c) Amônia	4500 NH ₃ – F Método do fenol (APHA, 1998)
(d) Fosfato	4500 P – E Método do ácido ascórbico (APHA, 1998)

considerados significativos valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Qualidade da água

Análise de nutrientes fosfatados e nitrogenados

Amônia

A amônia está naturalmente presente em corpos hídricos, sendo o resultado da degradação de compostos orgânicos em inorgânicos presentes na água, podendo também ser resultado das excretas da biota aquática, como os peixes. No entanto, é sabido que as concentrações de amônia aumentam com a descarga de efluentes domésticos e industriais, além de fezes de animais que são criados nas margens dos corpos hídricos, carregados para a água quando chove (Pereira; Mercante, 2005).

No ponto de coleta P1 localizado no Riacho Utinga, bem como, no encontro do Rio Gramame com o Rio Mumbaba (P5), observou-se um aumento na concentração de amônia do verão para o inverno (Figura 2), o que revela que tem entrada por lixiviação na bacia de drenagem pelo efeito da chuva. Destaca-se que grande parte da bacia do Rio Gramame é rodeada por plantio de cana-de-açúcar, principalmente nas proximidades do Riacho Utinga, atuando como potencial fonte de compostos nitrogenados, que chegam ao ambiente através do escoamento pela água das chuvas. No período de alta pluviosidade (inverno), o valor

máximo de amônia ($2,5 \text{ mg.L}^{-1}$) ocorreu no encontro do Rio Gramame com o Rio Mumbaba (P5), valor bastante elevado em relação aos obtidos nos demais pontos de coleta, enquanto que a menor concentração foi de $0,068 \text{ mg.L}^{-1}$ verificado na Barragem de Gramame (P4). Barbosa (1996) constatou para a represa de Gramame que a distribuição da amônia com relação à variação temporal entre o período seco e chuvoso não apresentou diferenças significativas, pois em ambos, os valores médios foram elevados. Isto sugere que embora os índices pluviométricos reduzam no período seco, havia entrada contínua desse composto nitrogenado no reservatório. Isto é justificado pelo fato de que, com a redução das chuvas na região, o processo de irrigação se intensifica nas culturas de cana-de-açúcar e abacaxi próximos à barragem e é abusivamente utilizado acima dos limites permitidos (SUDEMA), mantendo esses valores elevados.

Nos demais pontos de coleta, a amônia apresentou valores mais altos durante o período de estiagem (verão). As maiores concentrações de amônia no verão podem estar associadas às maiores concentrações de excretas dos peixes no ambiente, uma vez que o volume de água no rio e riachos, nesse período, geralmente é menor. Estatisticamente não houve diferença nas concentrações de amônia entre os pontos amostrados ($df = 7, p = 0,09787$).

Os valores desse nutriente, observados para

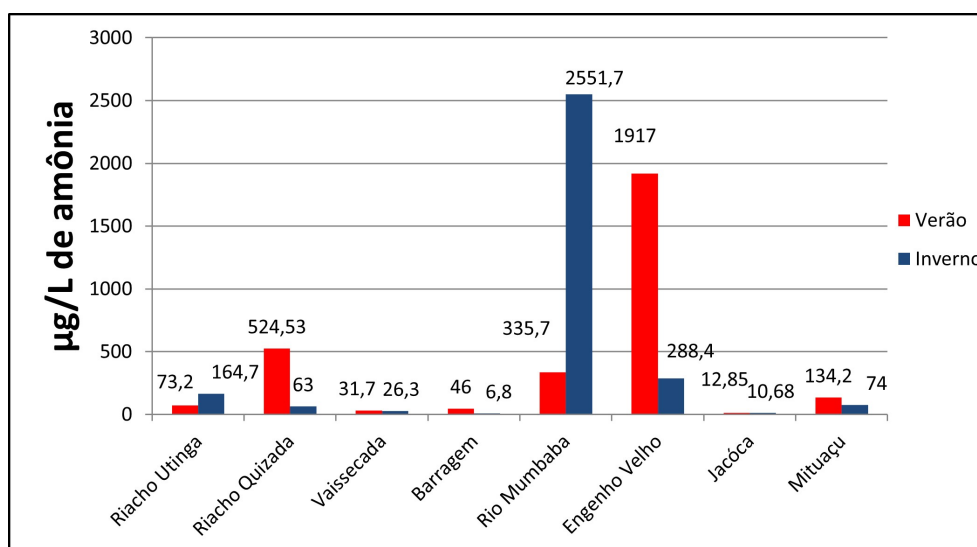


Figura 2. Concentração de amônia nos pontos de coleta na bacia do Rio Gramame- PB, durante o período estudado.

quase todos os pontos de coleta independente da estação do ano, estão dentro do limite estabelecido pela resolução nº 357/05 do CONAMA, que é de 2mg.L^{-1} de amônia, para ambientes de água doce (Classe II e III) (BRASIL, 1986). Quando acima desse valor, no P5, a toxicidade da amônia está relacionada aos vários efeitos deletérios nos peixes, tais como: falta de apetite, dificuldade de respiração, degenerações na pele, danificação das brânquias e rins e, também, redução no crescimento (Boyd, 1990). Comumente, a tolerância à amônia dos organismos aquáticos varia de acordo com a espécie, condições fisiológicas e fatores ambientais.

Nitrato

Os nitratos são muito solúveis em água, sendo a forma mais oxidada e estável do nitrogênio nesse ambiente. Como esse nutriente é a forma primária de nitrogênio utilizada pelos vegetais que convertem o nitrato em nitrogênio orgânico para estimular o crescimento, quantidades excessivas podem resultar em proliferações em massa de fitoplâncton e macrófitas aquáticas. As principais fontes de poluição são: os esgotos domésticos e fezes de animais, a deposição atmosférica e os fertilizantes, que podem atingir os cursos de água, principalmente nos meses mais chuvosos (Esteves, 2011).

Na maioria dos pontos de coleta estudados, observou-se uma maior concentração de nitrato no período chuvoso, em relação ao período de estiagem. O valor máximo de nitrato ($1,06\text{ mg.L}^{-1}$) ocorreu no período de inverno no Riacho Utinga, enquanto a menor concentração desse composto (abaixo do limite de detecção) foi verificada na barragem de Gramame no período de estiagem, que pode ser o resultado de uma maior absorção de nutrientes pelas algas presentes nesse reservatório (Figura 3). Assim, esse nutriente, estaria circulando pela cadeia alimentar, tornando-se menos abundante na água. Segundo Esteves (1988), o íon amônio e o nitrato representam as principais formas assimiláveis pelos produtores primários.

Diferindo do presente estudo, Oliveira et al. (2008) registraram valores mais elevados de nitrato em período de estiagem em 3 riachos estudados do Rio São Francisco Verdadeiro, fato que atribuíram

a processos de decomposição da matéria orgânica, proveniente de folhas da vegetação densa que circunda os mesmos e que libera compostos nitrogenados. Segundo Furtado (2005), valores mais elevados de nitrato nesse período, estão relacionados com a maior taxa de decomposição em função do baixo nível da água e diminuição do fluxo, que favorece os processos de decomposição da matéria orgânica carregada no riacho.

Os dados mostraram sempre concentrações mais elevadas de nitrato no período chuvoso, o que pode ser o resultado da lixiviação deste composto pelas terras do entorno, cultivadas com cana de açúcar. Os valores mais elevados foram registrados no Alto Gramame (P1, P2, P3 e P4) área mais cultivada com cana, comparando com o restante da bacia. Na região de Engenho Velho e Mumbaba não foram observadas grandes amplitudes de variação nas concentrações desse nutriente entre o verão e inverno, o que revela uma entrada permanente deste composto, provavelmente por esgotos, visto que esta região é a mais povoada. Estatisticamente, não houve diferença nas concentrações de nitrato entre os pontos de amostragem ($df = 7$, $p\text{-value} = 0.2006$).

Nas situações em que predomina o escoamento superficial, a vegetação marginal atua como barreira aos sedimentos (Klapproth; Johnson, 2000), e a capacidade de transporte torna-se menor que a carga de sedimentos, ocorrendo a sua deposição na interface entre a vegetação marginal e o corpo de água (USDA, 1981). Cerca de 70% das cargas anuais de nitrogênio e de fósforo que chegam aos ambientes aquáticos são provenientes de atividades agrícolas, sendo os nutrientes que atingem os corpos de água pelos fluxos subsuperficiais ou superficiais (dissolvidos ou agregados às partículas de solo), onde a vegetação marginal atua por intermédio de dois mecanismos principais para a redução de nitrato: desnitrificação e assimilação pela vegetação (Pegram; Bath, 1995). Na Barragem de Gramame praticamente inexistente vegetação ripária nas suas margens, o que favorece o transporte de nitrato para a água em período de chuva, o que de fato foi constatado.

Vale salientar que os valores de nitrato observados em todos os pontos de coleta estão

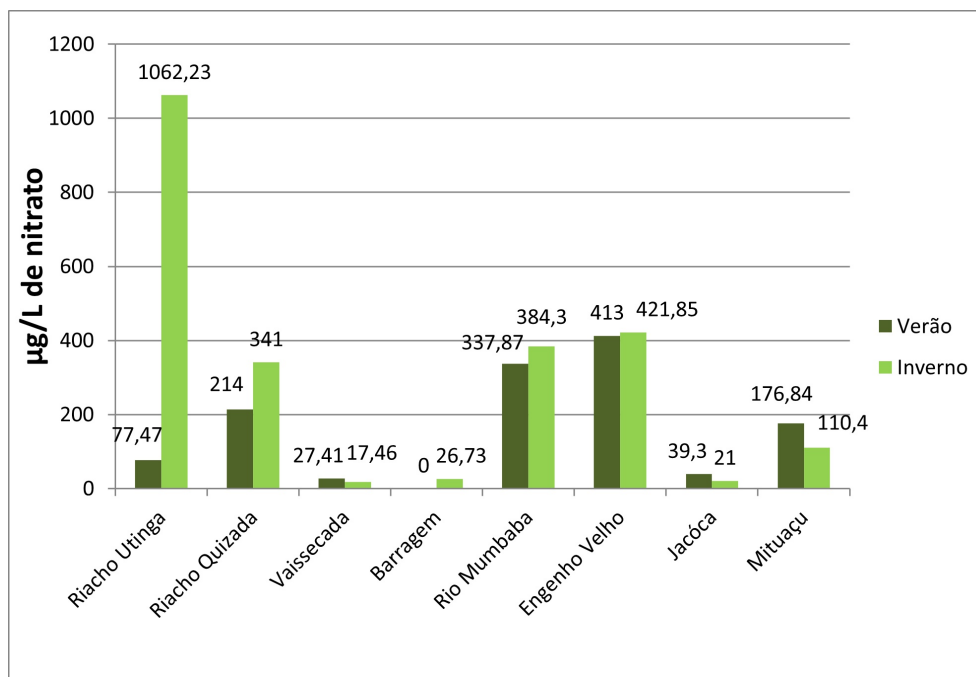


Figura 3. Concentração de nitrato nos pontos de coleta na bacia do Rio Gramame-PB, durante o período estudado.

dentro do limite estabelecido pela resolução nº 357/05 do CONAMA, que é de 10 mg.L⁻¹ de nitrato para ambientes de água doce (Classe II) (BRASIL, 1986). Porém, deve-se salientar que tais limites se referem a aspectos de potabilidade da água e não às exigências para manutenção da integridade biótica.

Um estudo mais recente no Rio Gramame desenvolvido por Souza (2020), demonstrou que as concentrações de nitrato variaram de 0,12 mg.L⁻¹ – 0,19 mg.L⁻¹ e representaram as menores concentrações de nutrientes nitrogenados antes e depois de um acidente em que uma lagoa de decantação rompeu para o Rio Gramame. As rodovias BR 101 e a PB 008 foram os dois pontos dentre os vários estudados pelos autores que apresentaram maiores concentrações de nitrato, correspondendo a 0,24 mg.L⁻¹ e 0,25 mg.L⁻¹ respectivamente. Esses dois pontos ficam após o rompimento da lagoa de decantação. No entanto, o fato de ter maiores concentrações de nitrato (quase o dobro) que de amônia, sendo o primeiro uma derivação do segundo sugere que o nitrato analisado não foi originado da decomposição do material no rio, mas de uma decomposição anterior, provavelmente ocorrida dentro da estação de tratamento de resíduos da fábrica que possui a lagoa. Apesar do grave impacto ambiental recente,

reportado e estudado por Souza (2020), os valores de nitrato apresentados são menores do que os encontrados nas amostras em 2011, época em que foi realizado nosso estudo, o que poderia sugerir uma melhora na qualidade da água da bacia como um todo ao longo dos anos, no entanto, se o rio apresentou em 2020 menores concentrações de nitrato, isso também pode ser uma indicação de menores concentrações de oxigênio dissolvido na água, o que prejudica os processos de nitrificação, em que a amônia passa a nitrato, ou que tenha maior quantidade de plantas aquáticas, que podem estar absorvendo esse nitrato.

Nitrato

O nitrato é um composto químico do nitrogênio, normalmente encontrado em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrato é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária entre o amônio e o nitrato. O íon nitrato pode ser utilizado pelas plantas como forma de nitrogênio (Piedras et al., 2006). Em ambientes anóxicos, pode haver redução parcial do nitrato (desnitrificação), elevando as concentrações de nitrito. Uma grande concentração de nitrito pode significar uma grande atividade bacteriana e carência de oxigênio. Além disso, a presença de nitrito em corpos de água

indica processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (Pimentel, 2009).

Os valores de nitrito observados em todos os pontos estudados estiveram dentro do limite estabelecido pela resolução nº 357/05 do CONAMA (1,0 mg.L⁻¹) (Brasil, 1986). O valor máximo de nitrito (0,062 mg.L⁻¹) ocorreu no período de estiagem, na porção do Rio Gramame inserida em Engenho Velho (P6) (Figura 4). É importante salientar que esse é o primeiro ponto de coleta do Rio Gramame após o distrito industrial, recebendo uma maior carga de poluentes em relação aos demais pontos localizados mais a jusante. De fato, pode-se associar a idade da poluição com a relação entre as formas de nitrogênio. Ou seja, se for coletada uma amostra de água de um rio poluído e as análises demonstrarem predominância das formas reduzidas, significa que o foco de poluição se encontra próximo (CETESB, 2008).

Os valores de nitrito na barragem (reservatório) de Gramame foram mais elevados no período chuvoso do que no de estiagem. Diferentemente do presente estudo, Vilar (2009) analisando quatro reservatórios em cascata localizados no Cariri Paraibano observou as maiores concentrações de nitrito no período seco, em relação ao período chuvoso. Estes resultados são semelhantes aos de outros trabalhos (Silva; Sacomani, 2001; Campolo et al., 2002), que afirmam ser o período seco o de pior qualidade da

água, principalmente em relação à quantidade de matéria orgânica. Isto ocorre no Rio Gramame, principalmente, porque a vazão dos cursos de água é mais baixa neste período, enquanto que o volume de efluentes lançados não depende, na maioria dos casos, da sazonalidade.

Estatisticamente não houve diferença significativa do nitrito entre os pontos de amostragem (df= 7, f= 2,6789, p= 0,0768).

No presente estudo constatou-se que a entrada de compostos nitrogenados não é contínua, e da mesma forma que a amônia e o nitrato, o nitrito foi mais abundante no período chuvoso, mostrando que tem origem alóctone ao sistema, provavelmente não por efluentes diretos, mas por poluição difusa, que é carregada para o rio no período chuvoso.

Em relação aos riachos estudados, observou-se que ambos apresentaram valores de nitrito abaixo do limite de detecção no período chuvoso. No entanto, no verão esses valores foram elevados, especialmente no Riacho Utinga (0,04 mg.L⁻¹). Já o Rio Jacóca, citado pelos pescadores como um dos melhores locais de pesca, apresentou concentrações baixas de compostos nitrogenados, tanto no verão, como no inverno. Isso corrobora com as informações dos pescadores que é um ambiente menos poluído, enquanto os valores mais elevados foram registrados após o distrito industrial (P5 e P6).

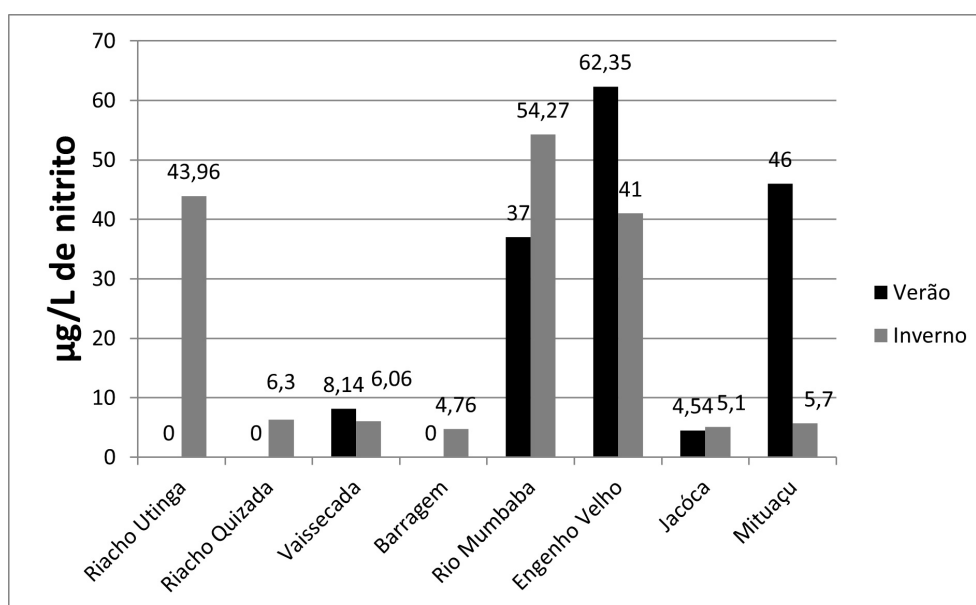


Figura 4. Concentração de nitrito nos pontos de coleta na bacia do Rio Gramame-PB, durante o período estudado.

Fosfato

O fósforo está presente na água sob a forma de fosfato (PO_4^{3-}). O fosfato se apresenta no corpo hídrico sob as seguintes formas: fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido e fosfato total, estando presentes naturalmente provindos de rochas das bacias de dragagem, material particulado presente na atmosfera.

O fósforo é de extrema importância para o metabolismo dos seres vivos, pois armazena energia e está presente na estrutura das membranas celulares. Quando o fósforo de origem antrópica entra em contato com os corpos de água ocorre uma série de reações químicas, que convertem polifosfato em ortofosfato, e fósforo orgânico em íons fosfatados, e assim, ocorre o aumento da concentração de nutrientes fosfatados na água, ocasionando o processo de eutrofização. A análise do fósforo na água é extremamente importante para avaliar o grau de poluição no corpo hídrico, suas concentrações são avaliadas em mg.L^{-1} (Rocha et al., 2009; Barreto et al., 2013).

Os compostos fosfatados são um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos. Suas principais fontes são os despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, bem como alguns tipos de despejos industriais, detergentes, solubilização de rochas, ou ainda, de excretas de animais e fertilizantes (Rocha et al., 2009).

Quando quantidades suficientes de compostos nitrogenados estiverem presentes na água, concentrações de fósforo acima de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ deverão causar problemas pelo desenvolvimento de lodos e crescimento de algas, os quais afetam o uso das águas para abastecimento público, industrial e de recreação. Entretanto, o fósforo só apresenta toxicidade ao homem, animais ou peixes em formas extremamente raras (Pimentel, 2009).

Os valores mais elevados de fósforo observado no presente estudo corresponderam à porção do Rio Gramame que está inserida em Mituaçu. Tanto no verão ($0,12 \text{ mg.L}^{-1}$) como no inverno ($0,11 \text{ mg.L}^{-1}$). Tais valores são provavelmente decorrentes da presença de águas cinzas, pelo uso da água para lavagem de pratos, com o fósforo originando-se de detergentes e

sabões utilizados para esse fim (Figura 5).

A constância nos valores de fósforo ao longo do período chuvoso e de estiagem também foram reportados por Albuquerque (2025) em um canal estuarino de raposa, MA-Brasil. Segundo a autora, as concentrações de fósforo estavam dentro de uma faixa semelhante nas duas amostragens, com médias de $0,69 \pm 0,46 \text{ mg.L}^{-1}$ em 2018 e $0,48 \pm 0,12 \text{ mg.L}^{-1}$ em 2022. Tal padrão foi atribuído à sua dinâmica de ciclagem, ao equilíbrio biogeoquímico entre as formas particuladas e dissolvidas no sistema estuarino, além da influência das forçantes de maré, que igualmente pode ter sido observado em algumas porções do Rio Gramame estudadas.

O ponto de coleta que apresentou maior amplitude sazonal da concentração de fósforo foi na porção do Rio Gramame que está inserida em Engenho Velho (P6), provavelmente por se tratar de um local onde há o lançamento de efluentes domésticos e principalmente industriais, com a presença de vários canos que, segundo a população ribeirinha, conduz os efluentes industriais que desaguam nele. As menores concentrações de fósforo no inverno nesse ponto de coleta poderiam ser decorrentes da diluição dos efluentes pelas chuvas. O fato de se verificarem valores mais e menos elevados de nutrientes ao longo do Rio Gramame, mostra que as interferências antropogênicas ao longo do rio não são homogêneas e que em determinados riachos na entrada no Rio Gramame, a montante do reservatório, as condições ambientais são mais degradadas que em outros. As porções do Rio Gramame com menos compostos fosfatados foram o P3 (Vaissecada), P5 (Encontro do rio Mumbaba com o Rio Gramame) e P7 (Jacoca). O Rio Jacoca foi o ambiente que apresentou a menor concentração de todos os nutrientes analisados, o que corrobora com a afirmação dos pescadores de que esse local é utilizado pelos peixes como refúgio da poluição. Entretanto, a comprovação de que esse rio é um local com um menor grau de poluição é preocupante, visto que este ambiente era protegido por mata ciliar e que recentemente foi desmatada, para o cultivo da cana de açúcar. Com o novo uso do solo, provavelmente isso será perdido, com

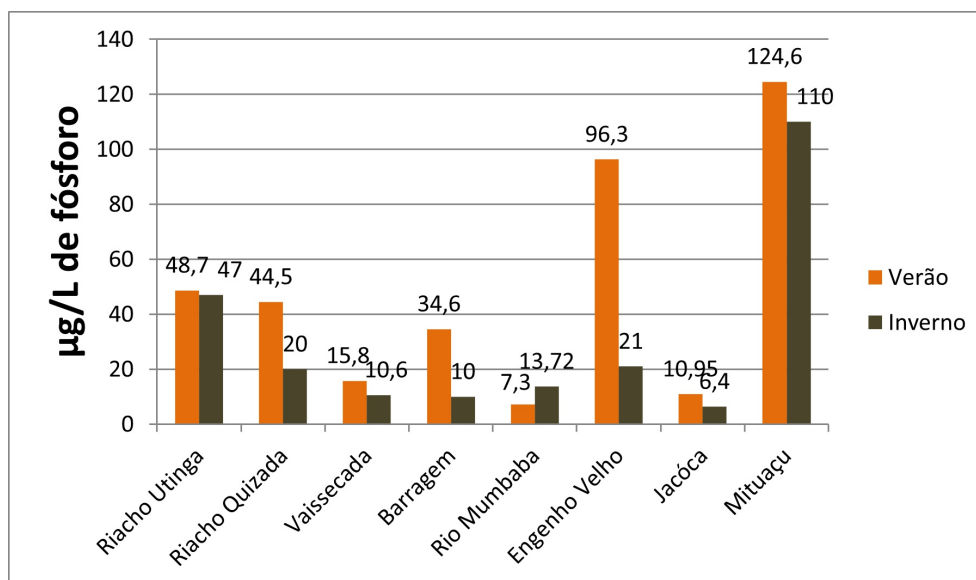


Figura 5. Concentração de fosfato nos pontos de coletas na bacia do Rio Gramame-PB, durante o período estudado.

consequências para a fauna e para a economia dos ribeirinhos, porque muitos pescadores vivem da pesca.

Estatisticamente, não houve diferença nas concentrações de fosfato entre os pontos de amostragem ($df= 7$, $f= 0,8675$, $p= 0,5618$).

Em relação aos nutrientes fosfatados, o estudo de Souza (2020) traz valores máximos 12 horas após o acidente de rompimento da lagoa de decantação de uma indústria de papelão. O ortofosfato no dia do acidente apresentou picos de sua concentração no ponto de coleta na altura rodovia BR101, local onde foi mais acometido pelo acidente com os resíduos de papel, atingindo valor máximo de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$, comparado com valores de $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ – $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ nesse mesmo ponto de coleta antes do acidente. As concentrações de fósforo total obtiveram valores máximos no dia do acidente, principalmente na Ponte dos Arcos, com concentrações de 608 mg.L^{-1} . Com o passar dos dias, porém, suas concentrações foram diminuindo até chegar a valores mínimos de 257 mg.L nesse mesmo ponto. Antes do acidente, o fósforo total do Rio Gramame não ultrapassava valores de 166 mg.L^{-1} . Nesse caso a elevada concentração de fósforo esteve associada aos resíduos da fábrica de papelão no rio, provenientes de compostos originários de resíduos de papel conhecidos como dregs e grifs, provenientes do processo de extração da celulose utilizados na correção do pH do solo. O acidente ambiental certamente provocou uma alteração significativa no teor de fósforo no Rio

Gramame, sendo reportados valores até 500 vezes maior que em 2011, quando nossas amostras foram estudadas, aumentando assim a probabilidade de processos eutróficos. Este fato aponta para a importância de se manter um histórico da qualidade da água/ambiental que pode inclusive, fomentar ações e políticas públicas na promoção da conservação do ambiente.

Análise de componentes principais (ACP)

Os três primeiros componentes principais explicaram 86,1% da variância total nos ambientes estudados. O PCA1, explicou 46,2%, e foi representado principalmente pelo fosfato (0,54) e pela amônia (0,51). O nitrato (-0,55) e a pluviosidade (-0,54) foram as variáveis que mais explicaram no PCA2 (22%). O PCA3 explicou 16,9%, e foi representado pelo nitrato (-0,64) (Figura 6).

Análise Canônica de Correspondência

Os dados mostraram que os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por 100% da variância total nos dados. O CCA1 foi responsável por 82,77%, e foi representado principalmente pelo nitrito (0,73) e pelo fosfato (0,41). A amônia (-0,65) e o nitrito (0,19) foram as variáveis que mais explicaram no CCA2 (17,23%).

O tipo de ambiente que mais esteve relacionado com o eixo 1 foi riacho Utinga, sendo este correlacionado negativamente com o nitrito e fosfato. O reservatório foi o tipo de ambiente que

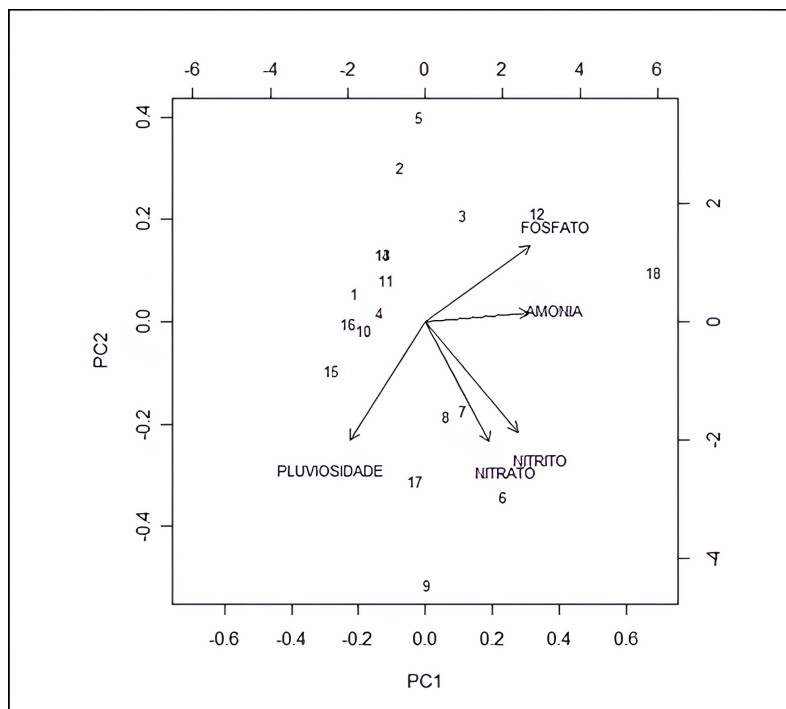


Figura 6. Análise dos Componentes principais aplicados as variáveis ambientais estudadas na bacia do Rio Gramame-PB.

mais esteve relacionado com o eixo 2, estando positivamente relacionado com a amônia e com o nitrito (Tabela 3).

Os três primeiros componentes principais foram responsáveis por 79,9% da variância total dos dados. O CCA1 foi responsável por 42,4%, sendo principalmente explicado pelas concentrações de nitrato (0,48), pluviosidade (-0,35) e fósforo (0,28). O CCA2 explicou 24,8% e foi representado principalmente pelas concentrações de nitrito (-0,53), pluviosidade (-0,23) e fósforo (-0,41). O CCA 3 respondeu por 12,6% da variância e foi representado pela pluviosidade (0,35) e nitrito (0,37) (Tabela 4).

As espécies que estiveram mais relacionadas com o eixo 1 foram: *Cichla ocellaris*, *Metynnis lippincottianus*, *Astyanax bimaculatus*, *Astyanax fasciatus*, *Geophagus*, *Oreochromis niloticus*, *Poecilia vivipara*, *Rhamdia quelen* (Tabela 5).

As espécies *C. ocellaris*, *M. lippincottianus* e *G. brasiliensis* foram negativamente correlacionadas com as concentrações de nitrato e fósforo, e positivamente correlacionadas com o aumento da pluviosidade, revelando que tais espécies estão associadas com ambientes cuja qualidade da água é melhor. A espécie *C. ocellaris* (tucunaré), é um piscívoro de topo, consumindo os peixes planctívoros. A ausência destes últimos no

ambiente, faz com que a população de zooplâncton aumente, e conseqüentemente a de fitoplâncton diminua, uma vez que esses últimos servem de alimento para os primeiros, ocasionando um clareamento da água (Kullander; Ferreira, 2006).

As espécies *A. bimaculatus*, *A. fasciatus*, *O. niloticus*, *P. vivipara* e *R. quelen*, estiveram positivamente relacionadas com o aumento das concentrações de nitrato e fósforo, e negativamente correlacionadas com a pluviosidade. Isto significa que suportam condições de menor qualidade de água, podendo ser beneficiadas pela diminuição da competição com as outras espécies que diminuem as suas densidades ou desaparecem em situações de degradação ambiental. Tal afirmação é corroborada na literatura por Araújo (1998) que classifica *A. fasciatus* como uma espécie relativamente tolerante à degradação ambiental. A mesma foi capturada em pontos de lançamento de esgotos domésticos, por Gonçalves et al. (2009) no Ribeirão Claro-SP.

A espécie exótica *O. niloticus* também é conhecida por ser bem adaptada em ambientes com maior concentração de nutrientes. De acordo com Buras et al. (1987), as tilápias apresentam ampla tolerância a alterações ambientais, incluindo elevados valores de amônia (8,0 mg.L⁻¹). Além disso, essa espécie também tem potencial eutrofizador. Peixes onívoros filtradores como a

Tabela 3. Resultado da Análise Canônica de Correspondência para fatores que influenciam a variação na riqueza, abundância e equitabilidade das espécies ícticas na Bacia do Rio Gramame.

	Eixos da CCA	
	1	2
Autovalor	0.02722	0.005666
Porcentagem na explicação	0.82770	0.172300
Correlações com as variáveis		
Pluviosidade	-0.21505	0.06784
Nitrato	-0.06535	-0.16873
Nitrito	0.73167	-0.19526
Amônia	0.28017	-0.65710
Fosfato	0.41578	-0.10861
Centroides para limitação dos fatores		
Rio	0.3245	0.2755
Riacho	-0.5613	-0.2385
Reservatório	0.1594	-0.4241
Teste de permutação		
F (df; p-valor)	14.0299 (1; 0,0002)	2.9206 (1; 0,084)

Tabela 4. Resultado da Análise Canônica de Correspondência para fatores que influenciam a variação na distribuição das espécies ícticas na Bacia do Rio Gramame-PB.

	Eixos da CCA		
	1	2	3
Autovalor	0.01654	0.009654	0.004934
Porcentagem na explicação	0.42491	0.248040	0.126770
Correlações com as variáveis			
Pluviosidade	-0.353578	-0.2359	0.35761
Nitrato	0.481082	-0.1152	-0.15814
Nitrito	0.238780	-0.5312	0.37313
Amônia	0.009178	-0.2215	0.08848
Fosfato	0.289884	-0.4152	-0.03170
Centroides para limitação dos fatores			
Rio	-0.4215	-0.8493	0.03232
Riacho	1.3209	0.3433	-0.40938
Reservatório	-0.9570	1.3630	0.51076
Teste de permutação			
F (df; p-valor)	4.2933 (1; 0,0009)	2.5062 (1; 0,0162)	1.2809 (1; 0,2561)

Tabela 5. Escores das espécies de peixes nos eixos da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a sua distribuição no Rio Gramame.

Espécie	Eixos da CCA		
	1	2	3
<i>C. ocellaris</i>	-0.28800	0.13795	0.070711
<i>M. lippincottianus</i>	-0.17059	0.08327	0.009306
<i>A. bimaculatus</i>	0.22134	0.01134	0.044824
<i>A. fasciatus</i>	0.20220	0.02054	0.001485
<i>C. orientale</i>	0.10032	0.17438	-0.040621
<i>C. menezesi</i>	0.13253	0.05268	0.062740
<i>G. brasiliensis</i>	0.11297	-0.07506	-0.108441
<i>H. malabaricus</i>	-0.03122	0.08917	-0.049068
<i>Hoplosternun</i> sp.	0.04246	-0.03672	0.090984
<i>O. niloticus</i>	0.08109	-0.06894	0.130409
<i>P. vivipara</i>	0.11828	-0.03741	0.103595
<i>S. marmoratus</i>	0.05130	-0.17838	0.047024
<i>R. quelen</i>	0.12997	0.02952	-0.152337
<i>Erythrinus</i> sp.	0.02623	0.00755	-0.043961
<i>Hypostomus</i> sp.	-0.06597	0.12847	-0.067184
<i>S. notonota</i>	-0.01711	0.07628	-0.014029
<i>P. brevis</i>	-0.18152	-0.24328	-0.107395
<i>L. piau</i>	-0.09223	-0.06443	0.044050
<i>C. undecimalis</i>	-0.09745	-0.07310	-0.001789
<i>E. brasiliensis</i>	-0.09745	-0.07310	-0.001789
<i>E. pisonis</i>	-0.09119	0.05266	0.050827
<i>M. curema</i>	-0.04957	-0.02120	0.022836
<i>Astyanax</i> sp.	0.02623	0.00755	-0.043961
<i>D. maculatus</i>	-0.09745	-0.07310	-0.001789

foram: *A. bimaculatus*, *A. fasciatus*, *O. niloticus*, *P. vivipara*, *R. quelen*, *S. marmoratus* e *P. brevis* (Figura 7).

CONCLUSÕES

Os nutrientes fosfatados e nitrogenados apresentam-se bastante variáveis em suas concentrações ao longo do ambiente aquático e estações estudadas. Dentre os nutrientes analisados a amônia foi a que apresentou concentrações mais elevadas com máximo de 2,5mg.L⁻¹ no encontro do Rio Gramame com o Rio Mumbaba (P5), seguido do nitrato, que por sua vez apresentou valor máximo de 1,06 mg.L⁻¹, observado no inverno, no Riacho Utinga (P1), ambos relacionados possivelmente com a poluição difusa, e com o escoamento de nutrientes nitrogenados advindos de fertilizantes utilizados em plantações de cana de açúcar, no período chuvoso. Todavia, o nitrito, apresentou menores concentrações ao longo do estudo, com valor máximo de 0,62 mg.L⁻¹, ocorrido no período de estiagem, na porção do Rio Gramame inserida em Engenho Velho (P6), possivelmente relacionado com a poluição por efluentes industriais.

Os nutrientes fosfatados, também estiveram relacionados com fontes de poluição por efluentes industriais, principalmente na porção do Rio Gramame que está inserida em Engenho Velho (P6), local onde a presença de vários canos, segundo a população ribeirinha, conduz os efluentes industriais que desaguam nele. Os valores mais elevados de fósforo corresponderam à porção do Rio Gramame que está inserida em Mituaçu. Tanto no verão (0,12 mg.L⁻¹) como no inverno (0,11 mg.L⁻¹) provavelmente em virtude de águas cinzas, pela ocorrência destas, ricas em sabões e detergentes, que liberam este composto.

Verificou-se que as interferências antropogênicas ao longo do rio não foram homogêneas e que em determinados trechos as condições ambientais são mais degradadas que em outros, como é o caso do encontro do Rio Gramame com o Mumbaba (P5) e a porção do Rio Gramame inserida em Engenho Velho (P6). As espécies ícticas que estiveram mais relacionadas com ambientes degradados, aqui representados pela presença de nutrientes fosfatados e nitrogenados

foram: *A. bimaculatus*, *A. fasciatus*, *O. niloticus*, *P. vivipara* e *R. quelen*, *S. marmoratus* e *P. brevis*, muitas delas conhecidas por sua resistência ambiental e capacidade de adaptação a ambientes antropicamente impactados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Acredita-se que os resultados aqui apresentados, apesar do cunho informativo e do longo espaço de tempo da sua coleta, refletem uma primeira interpretação da estrutura das comunidades de peixes dos ambientes aquáticos da bacia do Rio Gramame, relacionando-os com a qualidade ambiental. A continuidade deste estudo, incorporando informações sobre dinâmica populacional nos vários tipos de ambientes, talvez seja um dos caminhos para o entendimento mais aprofundado sobre o funcionamento de comunidades ícticas dessa bacia.

AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento à CAPES, pela bolsa concedida. Ao laboratório de Ecologia Aquática-LABEA, da Universidade Federal da Paraíba pela estrutura cedida, bem como, análises das mostras e à bióloga Dra. Jane Enisa Ribeiro Torelli pelo auxílio nas coletas da ictiofauna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, R. 2006. Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do riacho Mussuré. 140 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB.
- AESA. 2011. Agência executiva de gestão de águas do Estado da Paraíba, monitoramento-chuvas. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/> >, acessado em: 21 de dezembro de 2011.
- ALBUQUERQUE, K. P. 2025. Distribuição dos nutrientes dissolvidos em um canal estuarino de Raposa, MA-Brasil, durante o período chuvoso. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão. Universidade Federal do Maranhão. São Luís-MA.
- ALMEIDA, H. C. 2007. Propriedades e Atributos Químicos de um Cambissolo Afetados pela Adição de Resíduo Alcalino da Indústria de Papel e

- Celulose (DREGS). Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Lages, SC, Brasil. 72p.
- APHA; AWWA; WPC – American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater. [S.l:s.n.], 20^a Ed.
- ARAÚJO, F.G. 1998. Uso da taxocenose de peixes como indicadora de degradação ambiental no Rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil. [S.l.]: Braz. Arch. Biol. Technol., v.41, p. 370-378.
- BARBOSA, J.E.L. 1996. Dinâmica nictemeral da comunidade fitoplanctônica e de variáveis limnológicas na represa de Gramame, Alhandra, Paraíba. Dissertação de Mestrado, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 198p.
- BARBOUR, M.T., GERRITSEN, J., SNYDER, B.D.; STRIBLING, J.B. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Washington-D.C: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. 2a ed.
- BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIN, J.D.S. 2013. Eutrofização em Rios Brasileiros, enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16, Bahia.
- BELTRÃO, G. B. M.; MEDEIROS, E. S. F.; RAMOS, R. T. C. 2009. Effects of riparian vegetation on the structure of the marginal aquatic habitat and the associated fish assemblage in a tropical Brazilian reservoir. [S.l.]: Biota. Neotrop. v.9, n.4, p.37-43.
- BOYD, C. E. 1990. Water Quality in Ponds for Aquaculture. [S.l.]: Alabama Agriculture Experiment Station, 482p.
- BRASIL. 1986. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução N° 20, de 1986. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>> acesso em: 22 out. 2011.
- BRITISKI, H. A. 1972. Peixes de água doce do Estado de São Paulo. In: Poluição e Piscicultura. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí. Faculdade de Saúde Pública da USP. p.79-108.
- BRITISKI, H.A.; YOSHIMI, S.; ROSA, A.B.S. 1984. Manual de identificação de peixes da região de Três Marias (com chaves de identificação para os peixes da bacia do São Francisco). Brasília: CODEVASF, Divisão de Piscicultura e Pesca. 143p.
- BURAS, N.; DUEK, L.; NIV, S.; HEPHER, B. ; SANDBANK, E. 1987. Microbiological aspects of fish grown in treated wastewater. [S.l.]: Water Research. v.21, n.1, p.1-10.
- CAMPOLO, M.; ANDREUSSI, P; SOLDATI, A. 2002. Water quality control in river Arno. Water Research. v. 36, p. 2673-2680
- CANELLA, G.; RODRIGUES, M. M. 1978. Contribuições ictiológicas sobre a fauna continental. I-Estudos sobre *Achirus achirus* (Linné,1758) (Pisces,Soleidae). [S.l.]: Rev. Nordest. Biol., v.1, p.55-61.
- CETESB, 2008. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. Variáveis de qualidade das águas. São Paulo: CETESB.
- CUNICO, A.M.; AGOSTINHO, A.A.; LATINI, J.D. 2006. Influência da urbanização sobre as assembleias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. [S.l.]: Revista Brasileira de Zoologia. v.23, n.4, p.1101-1110.
- DIANA, J. S.; DETTWEILER, D. J.; LIN, C. K. 1991. Effect of *Tilapia* (*Oreochromis niloticus*) on the Ecosystem of Aquaculture Ponds, and its Significance to the Trophic Cascade Hypothesis. [S.l.]: Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. v.48, p.183-190.
- DILLENBURG, A. K. 2007. A importância do monitoramento ambiental na avaliação da qualidade de um rio – estudo de caso – Mercedes, PR. Revista Urutágua – Revista Acadêmica Multidisciplinar, Maringá, n. 12, p. 1-10.
- DYER, S.D.; PENG, C.; MCAVOY, D.C.; FENDINGER, N.J.; MASSCHELEYN, P;

- CASTILHO, L.V.; LIM, J.M. 2003. The influence of untreated wastewater to aquatic communities in the Balatuin river, the Philippines. Kidlington-UK: Chemosphere. v.52, p.43-53.
- ELHIGZI, F. A. R.; HAIDER, S. A.; LARSSON, P. 1995. Interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and cladocerans in ponds (Khartoum, Sudan). [S.l.]: Hydrobiologia. v.307, p.263-272.
- ESTEVEES, F.A. 1988. Fundamentos de Limnologia. 2º ed. Rio de Janeiro: Interciência.
- ESTEVEES, F. A. 2011. Fundamentos de Limnologia (3ª ed.). Rio de Janeiro: Interciência.
- FIGUEREDO, C. C.; GIANI, A. 2005. Ecological interactions between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) and the phytoplanktonic community of the Furnas Reservoir (Brazil). [S.l.]: Freshwater Biology. v.50, p.1391-1403.
- FURTADO, C.M. 2005. Caracterização limnológica e avaliação da qualidade da água de um trecho urbano do rio Acre, Rio Branco - AC, Brasil. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco. 58p.
- GOLDFARB, M. COSTA; CYSNEIROS, D. OLIVEIRA; SILVA, T. C. 1999. Caracterização Flúvio-Morfológica da Bacia do Rio Gramame In: I Workshop sobre Uso e Conservação da Bacia do Rio Gramame. SUDEMA-PB/PRODEMA-UFPB. João Pessoa. 13 a 14 de abril de 1999. Anais em CD-ROM.
- GOMES-FILHO, H.P.; ROSA, R.S. 2001. Inventário da Ictiofauna da Bacia do rio Gramame, Paraíba, Brasil, p.167-173. In: T. WATANABE (Ed.). A Bacia do rio Gramame: biodiversidade, uso e conservação. João Pessoa: ProdeMA.
- GONÇALVES, F. M. F.; GOITEN, R.; GOMIERO, L.M.; PETRERE JR, M.; HADDAD, C.F.B. 2009. Avaliação dos efeitos da poluição sobre a atividade alimentar de *Astyanax fasciatus* e a diversidade da ictiofauna do Ribeirão Claro - SP. Rio Claro-sp : [s.n.]. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- GRESSLER, P., SCHNEIDER, R. C S., CORBELLINI, V. A., BJERK T., SOUZA M. P., ZAPPE A., LO-BO, E. A. 2012. Microalgas: aplicações em biorremediação e energia. Caderno de Pesquisa, Série Biologia; v.24, n.1, p.48-67.
- GUEDES, J. A. 2011. Poluição de rios em áreas urbanas, Ateliê Geográfico (Goiânia) v. 5, n. 2, p.212-226.
- KARR, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. [S.l.]: Fisheries. v. 6, p. 21-27.
- KENNY, J. S. 1995. Views from the bridge: a memoir on the freshwater fishes of Trinidad. St. Joseph, Trinidad and Tobago: [s.n.]. v. 3, 98p.
- KLAPPROTH J.C.; JOHNSON, J.E. 2000. Understanding the science behind riparian forest buffers: effects on water quality. Virgínia: Virginia Cooperative Extension, Publication Virginia Polytechnic Institute and State University. p.420-451.
- KULLANDER, S.O. ; FERREIRA, E.J. G. 2006. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). [S.l.]: Ichthyological Exploration of Freshwaters. v. 17, n. 4, p. 289-398.
- LEMES, E. M.; GARUTTI, V. 2002. Ecologia da ictiofauna de um córrego de cabeceira da bacia do alto rio Paraná, Brasil. Porto Alegre: Iheringia, Serie Zoologia. v. 92, n. 3, p. 69-78.
- LI, Li.; ZHENG, B.; LIU, S. 2010. Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends, International Society for Environmental Information Sciences. Annual Conference (ISEIS), p.1510–1524.
- LIMA, A. G. 2005. A bacia hidrográfica como recorte de estudos em geografia humana. Londrina: Geografia, 2005. v.14, n.2, p.173-183, jul./dez.
- MARQUES, D. K. S. 1996. Aspectos reprodutivos e caracterização microscópica das gônadas de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) da Barragem do Rio Gramame, Município de Alhandra, Estado da Paraíba. João Pessoa: UFPB. (Dissertação de Mestrado).
- MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO, J.L. 1980. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3). São Paulo –SP: Universidade de São Paulo.
- MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO, J.L. 1985. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil. V. Teleostei (4). São Paulo –SP: Universidade de São Paulo.
- NAKATANI, K.; AGOSTINHO, A. A.;

- BAUMGARTNER, G.; BIALETZKI, A.; SANCHES, P. V.; MAKRAKIS, M. C.; PAVANELLI, C. S. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: EDUEM. 378 p.
- NUNES, E. M.; GARCIA, L. G. 2012. Conflito territorial de poluição industrial da bacia do rio Gramame-Mumbaba – PB, Sociedade & Natureza, (Uberlândia), n24, 255-266, mai/ago.
- OLIVEIRA, L.C.; GOMES, B.M. BAUMGARTNER G.; SEBASTIEN, N.Y. 2008. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro. [S.l.]: Engenharia Agrícola. v.28, p.770-781.
- PEDRO, F. 1995. Alimentação e comportamento predatório do tucunaré *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider, 1801 (Osteichthyes: Cichlidae). João Pessoa: UFPB. (Dissertação de Mestrado).
- PEGRAM, G.C.; BATH, A.J. 1995. Role on non-point source in the development of a water quality management plan for the Mgeni River catchment. Sweden: Water Science Technology. v.32, n.5-6, p.175-82.
- PEREIRA, L. P.; MARCANTE, C. T. 2005. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão, B. Inst. Pesca, v.31, n.1, p.81 - 88.
- PEREIRA, B. W. D. F.; MACIEL, M. D. N. M., OLIVEIRA, F. D. A., ALVES, M. A. M. D. S., RIBEIRO, A. M., FERREIRA, B. M., & RIBEIRO, E. G. P. 2016. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA. Revista Ambiente & Água, 472-485.
- PIEDRAS, S. R. N.; OLIVEIRA, J. L. R. MORAES, P. R. R.; BAGER, A. 2006. Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *Cichlasoma facetum* (JENYNS, 1842). Lavras- SP: Ciência agrotecnica, 2006. v.30, n.5, p.1008-1012, set./out.
- PIMENTEL, I. M. C. 2009. Avaliação qualitativa das águas do riacho Reginaldo e seus afluentes. Maceió-AL: UFAL. Dissertação de mestrado em engenharia: recursos hídricos e saneamento.
- ROBINS C. R.; BAILEY R. M.; BOND C. E.; BROOKER J. R.; LACHNER E. A.; LEA R.N.; SCOTT W. B. 1991. World fishes important to North Americans. Exclusive of species from the continental waters of the United States and Canada. [S.l.]: Am. Fish. Soc. Spec.Publ. v.243, 91p.
- ROCHA, C. J. ROSA, A. H., CARDOSO, A. A. 2009. Introdução a química ambiental (ed. 2.). Porto Alegre: Bookman.
- SILVA, A. M. M.; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu- SP-Brasil). [S.l.]: Water Research, 2001. v. 35, n. 06, p. 1609-1616.
- SILVA, A. E. D. 2014. Pesca artesanal e condições ambientais: a percepção dos pescadores do Rio Mumbaba, bacia do Rio Gramame, PB. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 150 f.
- SIMON, T.P.; LYONS, J. 1995. Application of the index of biotic integrity to evaluate water resource integrity in freshwater ecosystems. Chapter 16. p.243–260 In: DAVIS, W.S.; SIMON, T.P. Biological assessment and criteria: Tools for water resource planning and decision making. Boca Raton-EUA: CRC Press. 415p.
- SOARES, R. R. 1996. Reprodução e alimentação de *Prochilodus brevis* Steindachner, 1874 (Characiformes: Prochilodontidae) no Rio Gramame, Paraíba. João Pessoa: CCEN-UFPB. (Dissertação de Mestrado).
- SOARES, R. R.; ROSA, I. L.; TORELLI, J. 1998. Alimentação e crescimento de *Prochilodus brevis* Steindachner, 1874 (Characiformes: Prochilodontidae) no rio Gramame, Paraíba, Brasil. [S.l.]: Rev.Nordestina Biol. v. 12, n.1/2, p.49-60.
- SOUZA, L. R. 2020. O Vale do Gramame e as lutas socioambientais pela qualidade da água em João Pessoa-PB. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 162f
- SUDEMA 2018. (Superintendência de Administração do Meio Ambiente). Relatório técnico de inspeção na Estação de Tratamento de Gramame –Município do Conde-PB.
- SURUAGY, M. V. T.; CRISPIM, M. C. 2023. Diversidade e Distribuição da População

- Ictiofaunística da Bacia do Rio Gramame, Paraíba: Um Relato das Espécies de Maior Relevância Ambiental, Econômica e Social. In: DE PAULA, D. P.; DE OLIVEIRA, E. C.; DIAS, J. A.; FONSECA, L.C; RODRIGUES, M. A. C.; ALBUQUERQUE, M. G.; PALMA. M.; PEREIRA, O. N. A.; BERGAMASCHI, S. (Eds.). Gestão das zonas costeiras: a influência continental na qualidade ambiental / Tomo XII da Rede BRASPOR, pp 239-265. FGEL-UERJ. Rio de Janeiro. (ISBN: 978-65-88808-76-4).
- TER BRAAK, C. J. F. 1989. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. [S.l.]: Ecology. v. 67, p. 1167-1179.
- TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. 2002. CANOCO Reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, NY-EUA: Microcomputer Power. 500p.
- TORELLI, J.; ROSA, I.L.; WATANABE, T. 1997. Ictiofauna do Rio Gramame, Paraíba, Brasil. [S.l.]: Iheringia, Ser. Zool. v.82, p.67-73.
- USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1991. Riparian forest buffer: function and design for protection and enhancement of water resources. Pennsylvania: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 24 p.
- VARI, R. P. 1991. Systematics of the neotropical Characiform genus *Steindachnerina* Fowler (Pisces: Ostariophysi). [S.l.]: Smithsonian Contributions to Zoology. n. 507, 118p.
- VILAR, M.S.A. Condições ambientais e da qualidade da água no processo de eutrofização de açudes em cascata no semi-árido paraibano. João Pessoa: UFPB, 2009. Dissertação de Mestrado (PRODEMA).
- WATANABE, T.; De OLIVEIRA, R. B.; SASSI, R.; MELO, G.N.; MOURA G.F.; GADELHA, C.L.M.; MACHADO, V.M.N. 1994. Evidence of contamination caused by sugar-cane monoculture and associated industrial activities in water bodies of the state of Paraíba, northeast Brazil. [S.l.]: Acta Limnol. Brasil. v. 5, p. 85-101.

