ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Avaliação da Ação Urbana no Canal Água Cristal em Belém, Pará, um Estudo Sobre Qualidade da Água

Eduardo Ribeiro Marinho¹, Fernanda da Silva de Andrade Moreira², Wedlas Júnior Pereira Brito³, Fábio Luiz Baia Barreto Moreira⁴, Emerson Renato Maciel da Silva⁵, Letícia Furtado dos Santos⁶

¹MSc. em Ciências Ambientais, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: educnquimica2011@hotmail.com (autor correspondente). ²MSc. em Ciências Ambientais, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: fsamoreira@hotmail.com. ³Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP: 66077-830, Belém, Pará (91) 99221-3433, e-mail: juniorbrito90@gmail.com. ⁴Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP: 66077-830, Belém, Pará (91) 99221-3433, e-mail: phabioliuz@hotmail.com. ⁵Bacharel em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, CEP: 66077-830, Belém, Pará (91) 99221-3433, e-mail: emersonrvs255@gmail.com. ⁶MSc. em Ciências Ambientais, Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, CEP: 66075-110, Belém, Pará (91)3201-8833, e-mail: leticiafurtadosantos@gmail.com.

Artigo recebido em 18/09/2019 e aceito em 24/03/2020

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo analisar os padrões principais dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água, associados à influência antrópica no canal Água Cristal em Belém - PA. Para isso foram realizadas coletas de água em dois meses distintos quanto à sazonalidade de chuvas na Amazônia; Julho e Novembro de 2014. As coletas de água foram feitas em seis pontos distintos ao longo do canal, P1, P2, P3, P4, P5 e P6, em uma análise das características da vegetação e do solo da região, foram divididos os pontos P1, P2 e P3 pertencentes ao primeiro perímetro e P4, P5 e P6 ao segundo perímetro. Foram analisados os parâmetros físico químicos de qualidade de água: pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura da Água (T.Água) e Turbidez (Turb) e comparados com a legislação 357/05 do conselho nacional de meio ambiente – CONAMA para águas doces classe II e classe IV. Na análise estatística, teste Tuckey (95%), foi verificado que os parâmetros com diferença estatística significativa entre os pontos de coleta foram CE, STD e Turb, posteriormente os mesmos foram analisados através da metodologia multivariada das Componentes Principais (CPS), destacando, sobretudo a existência de forte correlação em componentes positivas. O presente estudo mostra-se pioneiro na análise da qualidade de água do canal Água Cristal utilizando a metodologia das componentes principais, servindo como importante ferramenta no diagnóstico da situação ambiental precária existente na região.

Palavras chaves: Qualidade de água, Canal água Cristal, Componentes Principais, Parâmetros Físico Químicos

Evaluation of urban action on the Água Cristal canal Belém, Pará, a study on water quality

ABSTRACT

The present work aims to analyze the main patterns of the physical-chemical water quality parameters, associated to the anthropic influence in Água Cristal channel in Belém - PA. For this purpose, water samples were collected in two distinct months in terms of rainfall seasonality in the Amazon; July and November 2014. The water samples were taken at six distinct points along the channel. The following chemical parameters of water quality were analyzed: pH, Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC), Dissolved Total Solids (DTS), Water Temperature and Turbidity (Turb). They were compared to the national environmental council's legislation 357/05 - CONAMA for class II and class IV fresh waters. In the statistical analysis, Tuckey test (95%), the parameters EC, DTS and Turb had significant statistical difference between the collection points. Later they were analyzed through the multivariate analysis of Principal Components (PCS), high lighting the existence of strong correlation in positive components. The present study is pioneer in the analysis of Água Cristal channel water quality using the Principal Components methodology. It serves as an important tool in the diagnosis of precarious water quality situation in the region.

Keywords: Water Quality, Água Cristal Channel, Principal Components, Chemical Parameters.

Introdução

A água é um dos recursos naturais de suma importância à manutenção da vida no planeta, transportando gases e compostos essenciais ao equilíbrio de diversos ecossistemas naturais. (Tundisi, 2005; Alvarenga et al., 2012; Piratoba et al., 2017). No ordenamento jurídico brasileiro, a importância da água está balizada na Lei n.º 9433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. No que tange a qualidade da água, a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 – dispõe sobre a qualificação dos corpos de água e é o principal instrumento dentro do ordenamento jurídico.

Toda água precipitada do planeta é captada pelas bacias hidrográficas, que são conjuntos de superfícies vertentes de uma rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem para um único exutório. Para Moraes (2018), o conceito de bacia hidrográfica define uma unidade da paisagem delimitada pelos divisores naturais de água e deve ser considerada como unidade fundamental para o planejamento do uso e para a conservação de recursos naturais.

As bacias hidrográficas localizadas próximas a áreas urbanas são caracterizadas pela vulnerabilidade ao lançamento de efluentes industriais e domésticos. Os processos naturais de contaminação das bacias hidrográficas incluem a precipitação pluviométrica, carregamento de sedimentos e erosão, além dos processos antropogênicos como industrialização, urbanização e agricultura, com grande contribuição para a degradação dos recursos hídricos e determinantes na qualidade das águas (Finkler et al., 2015).

Segundo Marques et al. (2012), a qualidade das águas superficiais tornou-se uma questão crítica em muitos países e está intimamente relacionada à junção de fenômenos naturais e humanos ocorridos na bacia hidrográfica. (Von Sperling, 2007; Corneli et al., 2016; Piratoba et al., 2017). A utilização de indicadores químicos, físico-químicos e biológicos serve como importantes ferramentas na análise da qualidade da água em diversos ecossistemas aquáticos brasileiros (Alves et al., 2012; Miranda et al., 2009; Silva et al., 2008).

Se tratando da avaliação da qualidade das águas, é fundamental traçar a urbanização da área de estudo, pois historicamente as cidades na Amazônia localizam-se às margens dos rios. Para Moraes (2018) a cidade de Belém, capital do

estado do Pará é caracterizada por apresentar altos índices pluviométricos devido à sua proximidade com a linha do equador. Os sistemas meteorológicos de escala local, meso, sinótica e grande escala atuam para essa alta variabilidade, podendo citar o Sistema Convectivo de Mesoescala Circular (SCMC), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as linhas de instabilidade e o ciclo El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Oceano Pacífico. (Molion; 1987; Cohen et al., 1995; Batista da Silva Ferreira et al., 2015; Sodré et al., 2015; de Souza et al., 2016).

Desde a década de 60 até os anos 90 foram, aproximadamente, um milhão de pessoas que passaram a incrementar a dinâmica do espaço urbano de Belém. Trindade Júnior (2016) explica que em um primeiro momento do processo de metropolização, grande parte desse contingente se concentrou nas áreas centrais da metrópole, em espaços sem infraestrutura e de péssima qualidade ambiental, as chamadas áreas de baixadas ou áreas de várzeas.

Segundo da Silva Pimentel et al. (2012), nesses locais passam inúmeros afluentes, que são conhecidos mais popularmente como igarapés, e a grande maioria deles foram aterrados e retificados, em decorrência do processo de ocupação urbana da cidade. Essa reestruturação dos igarapés fez com que a cidade assistisse a uma nova configuração urbana.

Assim, o século XX demarca não apenas a acentuação do caráter das águas técnicas, como o processo de racionalização do ambiente, do território e da paisagem urbana, mas também o aprofundamento do caráter da água como veículo de dejetos, de matéria, inclusive mercadorias, como substância para produzir reações, de limpeza, sulfatação, diluição e, então, como recurso econômico ativo (Ponte, 2015).

Como expressão desse movimento, ganha destaque o canal Água Cristal, que pertence a Bacia Hidrográfica do Una e se localiza nas imediações do bairro Marambaia em Belém do Pará. Possui grande importância na captação dos efluentes da Marambaia e sofre fortes influências antropogênicas, tendo como consequência, a deterioração de suas características físico-químicas e biológicas, tornando seu ambiente inóspito a algumas espécies e fétido.

As atividades urbanas influenciam diretamente a qualidade da água nas bacias hidrográficas, porque os efluentes fluem para os

cursos d'água em muitos casos, sem passar por nenhum processo de tratamento (Marques et al.,2012). As diversas formas de ações antrópicas em determinadas áreas transformam as estruturas físico-químicas e biológicas dos ecossistemas naturais e, por conseguinte, alteram o ciclo hidrológico, reduzindo desta forma a oferta de água e conseqüentemente a queda da qualidade dos recursos hídricos (Alvarenga et al.,2012).

É preciso acompanhar os avanços da urbanização e monitorar a qualidade da água das bacias hidrográficas, no intuito de garantir equilíbrio entre o meio natural e as ações antropogênicas. Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo analisar os padrões principais dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água, associados à influência antrópica no canal Água Cristal na cidade de Belém do Pará.

Material e métodos

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Igarapé do Una está localizada no município de Belém entre as coordenadas geográficas 01°22'0,40''S e 01°27'21,04''S; e 48°26'11,53''W e 48°28'27,56''W. Possui uma área de 4.401 hectares e estende-se desde a Baía do Guajará até as áreas de ocupação mais atuais, Rodovia BR-316 e Rodovia Augusto Montenegro.

Segundo a Prefeitura Municipal de Belém (2012), essa bacia é composta por 20 bairros residenciais, sendo que quatro situam-se de forma parcial (Marco, Nazaré, São Brás e Umarizal) e 16 de forma integral (Barreiro, Benguí, Cabanagem, Castanheira, Fátima, Mangueirão, Maracangalha, Marambaia, Miramar, Parque Verde, Pedreira, Sacramento, Souza, Telégrafo, Una e Val-de-Cans).

Nessas condições encontra-se a área de estudo, o canal Água Cristal (Figura 1), que pertence à bacia do UNA e corta o bairro da Marambaia, com extensão próxima a 5,5 Km. De acordo com dados da Prefeitura Municipal de Belém (2012), o bairro da Marambaia possui área urbana de 5,0318 km², com 17.551 residências abrigando 66.671 moradores com rendimento domiciliar mediano variando entre 3 e 5 salários mínimos.

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Una e do Canal Água Cristal

A coleta de água foi realizada nos meses de Julho e Novembro de 2014, em seis pontos distintos ao longo do Canal Água Cristal, P1, P2, P3, P4, P5 e P6, conforme a Figura 2. Em uma análise das características da vegetação e do solo da região, foram divididos os pontos em: P1, P2 e P3 pertencentes ao primeiro perímetro e P4, P5 e P6 ao segundo perímetro.

O P1 representa os primeiros efeitos da ação antrópica sobre o corpo hídrico e localiza-se cerca de 100 metros da nascente do Canal Água Cristal. Nesse local além das fontes pontuais de esgotamento são fortemente despejadas fontes difusas de poluentes devido o funcionamento de uma pequena feira e atividades comerciais no seu entorno. Esses poluentes são principalmente orgânicos como peixes podres, carnes estragadas e restos de alimentos e frutas.

O P2 sofre influência das atividades comerciais, uma oficina mecânica de automóveis, no entanto, sem a presença de feiras ou restaurantes. O P3 é próximo a Avenida Tavares Bastos, principal via de acesso ao bairro da Marambaia. Nessa avenida são presentes supermercados, em funcionamento e em processo de construção, construções verticais, postos e oficinas mecânicas, além da Estação de Tratamento de Esgoto da Marambaia.

No P4 as atividades comerciais enfraquecem, as cargas difusas de poluentes e contaminantes aumentam e a comunidade possui contato mais direto com o rio e suas encostas. Bancos em madeira são construídos em baixo de árvores ciliares e principalmente jovens se concentram nesses lugares ao longo do dia. As barreiras de concreto são usadas como depósitos de lixo ou para pendurar roupas. No P5, o canal encurta, aumentando a velocidade das águas, e apresenta solo erodido no seu leito com camadas onduladas. O P6 é próximo de onde o canal Água Cristal se torna tributário do canal São Joaquim. Aqui o rio se alarga e ganha profundidade. Nesse ponto, há relatos de uso primário do corpo hídrico.

Metodologia

A escolha dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água foram: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), sólidos totais dissolvidos (STD), turbidez (TURB), temperatura (T.Água) e condutividade elétrica (CE), por representarem as principais variáveis que norteiam os estudos de qualidade de águas em rios, e as que mais sofrem influência das estações do ano, segundo Silva et al. (2008).

Figura 2. Mapa de localização dos pontos de coleta

Em cada ponto foi coletada 1 amostra por período (Julho 1º coleta e Dezembro 2º Coleta), totalizando 12 amostra, ao longo do curso do canal Água Cristal que distam entre 15 e 25 metros das fontes pontuais de lançamento de efluentes observadas no local. Nas amostras físico-químicas utilizaram-se frascos reagentes de vidro borossilicato neutros devidamente limpos e esterilizados com o método de refrigeração para conservação das amostras, com o emprego de um recipiente de isopor contendo gelo, cuja temperatura era inferior a 10°C.

In loco foram determinados os parâmetros temperatura e OD, quantificados por oxímetro portátil modelo YSI 55; e pH quantificado por pHmetro portátil digital do modelo Pluma com tela LCD. No Laboratório em ambiente de 25°C foram determinadas as características de qualidade de água nos seguintes parâmetros: pH (verificando a variação ao longo do percurso) com pHmetro de bancada no modelo Potenciômetro Quimis; turbidez com Turbidímetro de bancada HACH; condutividade elétrica e sólidos totais em suspensão com Condutivímetro Orion. As análises laboratoriais obedeceram às normas técnicas de Brasil (2016).

Os parâmetros de qualidade de água foram comparados com o limiar estabelecido pela resolução 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Analisando tanto a classes de águas doces tipo IV, destinadas a navegação e a natureza paisagística, como também a classe II, destinadas atividade de recreação primária, tendo em vista serem verificadas em alguns pontos, crianças nadando e brincando nas proximidades dos pontos de coleta.

A Tabela 1 mostra os valores médios dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água; pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Temperatura da água e Turbidez, medidos nos 6 pontos do Canal água Cristal, Belém, Pará, para dois períodos de coletas distintos, Jul/2014 – 1º Coleta e Nov/2014 – 2º Coleta.

Por meio da análise de variância, seguido do Teste de Tukey é verificada uma diferença estatística significativa para CE, STD e Turb entre as coletas, Jun e Nov (2014), tendo em vista serem medidas em diferentes períodos de sazonalidade de chuvas na Amazônia.

Tabela 1. Valores médios dos Parâmetros Físico Químicos de qualidade de água do canal água Cristal, para seis pontos distintos nos dois diferentes períodos sazonais

Parâmetros	Coletas	Pontos					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
pH	Coleta 1	7,1 ^a	7,2 ^a	7,1 ^a	7,1 ^a	7,2 ^a	7,2 ^a
	Coleta 2	7,2 ^a	7,2 ^a	7,3 ^a	7,2 ^a	7,2 ^a	7,1 ^a
OD (mg.L ⁻¹)	Coleta 1	1,42 ^a	0,84 ^a	0,90 ^a	0,80 ^a	0,78 ^a	0,55 ^a
	Coleta 2	0,72 ^a	0,76 ^a	0,72 ^a	0,66 ^a	0,69 ^a	0,65 ^a
CE (µS.cm ⁻¹)	Coleta 1	378 ^{ab}	392 ^a	364 ^b	298 ^c	272 ^d	277 ^d
	Coleta 2	380 ^{ab}	405 ^a	355 ^b	303 ^c	269 ^d	281 ^d
STD (mg.L ⁻¹)	Coleta 1	184 ^b	189 ^a	168 ^c	143 ^d	127 ^e	132 ^e
	Coleta2	181 ^b	193 ^a	168 ^c	142 ^d	127 ^e	134 ^e
T. Água (°C)	Coleta 1	28,6 ^a	30,2 ^a	30,7 ^a	30,6 ^a	30,3 ^a	28,2 ^a
	Coleta2	29,8 ^a	31,4 ^a	30,8 ^a	30,5 ^a	30,4 ^a	30,1 ^a
Turbidez (UNT)	Coleta 1	63,7 ^a	42,6 ^b	25,3 ^c	18,9 ^c	17,2 ^c	17,6 ^c
	Coleta2	74,3 ^a	36,9 ^b	24,1 ^c	16,4 ^c	19,9 ^c	19,5 ^c

Nota. Médias seguidas pela mesma letra, em uma linha, não apresentam diferença significativa entre si, segundo o teste Tuckey (95%).

Resultados e discussão

Análise estatística

A precipitação é caracterizada amplamente pela comunidade científica como uma das variáveis climatológicas mais importantes em regiões tropicais (de Albuquerque et al., 2010). Segundo Silva et al. (2008), o regime de chuvas no Brasil é constituído por sazonalidades distintas em estações secas e chuvosas em épocas específicas do ano de acordo com cada localização geográfica. Para Miranda et al. (2009), as fortes chuvas na Amazônia influenciam diretamente em um maior direcionamento de poluentes para dentro dos cursos de água, e com isso maior alteração das características do recurso hídrico.

Os valores de pH apresentaram uma semelhança para todos os pontos em todas as coletas; não apresentando diferença significativa nas séries amostrais, seguindo um caráter da neutralidade. Na resolução CONAMA 357/05 o pH deve variar entre 06 a 09 para as águas Classe IV e Classe II. Geralmente o pH das águas amazônicas apresenta valores com características neutras e ácidas, pois é influenciado pela lixiviação dos solos ácidos amazônicos e pela grande quantidade de matéria orgânica que se decompõem na forma de ácidos orgânicos (Cunha e Pascoaloto, 2006, Brito et al., 2014; Lobato et al., 2015). O pH no presente estudo está dentro dos valores estabelecidos por lei, não devendo ser caracterizado como problemática na contaminação das águas do canal Água Cristal.

Em estudos de Silva et al. (2008), na análise da qualidade das águas do rio Purus, sudoeste da Amazônia, apresentou em todas as localidades estudadas um pH abaixo do estabelecido por lei, tal fato não influenciou negativamente a qualidade da água, sendo este rio a principal fonte de pesca que abastece os mercados de Manaus. Segundo este autor, isso não deve ser encarado como uma desqualificação do corpo d'água, e sim como uma necessidade de se enquadrar a legislação vigente nos estudos que comprovam a existência de rios brasileiros com pH na faixa entre o neutro e o ácido, assim como, a caracterização de rios amazônicos com pH baixo.

Para analisar o Oxigênio Dissolvido a partir do CONAMA 357/05, foi caracterizado cada ponto de acordo com o uso múltiplo da água, P1 a P5, se enquadrando nas águas doces classe 2 da resolução ($>5 \text{ mg.L}^{-1}$) e P6 como classe 4, utilizado em atividades de recreação primária ($>2 \text{ mg.L}^{-1}$). Todos os pontos em todas as coletas não apresentam diferença estatística significativa, e estão em concentrações abaixo do recomendado.

Tal fato deve ser atribuído, à elevada decomposição da matéria orgânica (lixo, restos de

alimentos, esgotamento sanitário doméstico) que é lançada diretamente nas águas do canal. Valores de oxigênio dissolvido abaixo do estipulado por lei podem caracterizar os efeitos de poluição de rios por dejetos orgânicos e esgotamentos sanitários (Miranda et al., 2009; de Miranda et al., 2016, Silva et al., 2016). Siqueira et al. 2012 e Lopes et al. (2017) afirmam que áreas com forte interferência humana, estão mais propensas a redução das taxas de oxigênio dissolvido na água, em decorrência do despejo de efluentes com elevada carga de material orgânico em suspensão que demandam maior consumo de OD pelos micro-organismos presentes na água.

A condutividade elétrica apresentou valores elevados preferencialmente em P2, tanto para 1ª coleta, $392 \mu\text{S.cm}^{-1}$, como para 2ª coleta, $405 \mu\text{S.cm}^{-1}$. A legislação brasileira não define valores para esse parâmetro, sua importância é de identificação de possíveis contaminantes na água, devido ao aumento de íons observados no corpo hídrico (Bordalo et al., 2007). Visto que não há regulação legal para CE e algumas literaturas definem valores superiores a $100 \mu\text{S.cm}^{-1}$ como sendo característicos de ambientes contaminados. Dessa forma, todos os valores verificados na pesquisa são indícios de contaminação, mostrando provas de irregulares no canal Água Cristal.

É verificado os maiores valores de Condutividade Elétrica no primeiro perímetro (P1, P2 e P3), tendo em vista ser um perímetro influenciado pelas poucas chuvas na região (Jul/2014) favorecendo uma maior concentração de íons na água e assim um aumento nos valores de condutividade elétrica. O mesmo caso pode ser verificado nos trabalhos de Lopes et al. (2017) e no de Miranda et al. (2016), onde os valores de CE foram maiores no período com poucas chuvas, tendo em vista uma maior concentração de íons não diluídos nas águas do rio. Para Esteves (1998), a condutividade elétrica não determina quais íons específicos estão presentes no meio, mas auxilia em informações sobre metabolismo de ecossistemas e na identificação de fontes de poluição. Já para Lopes et al. (2017) a condutividade elétrica é a capacidade dos corpos hídricos diluírem o material de despejo recebido.

Os valores dos Sólidos Totais Dissolvidos apresentam um comportamento semelhante a CE, essa proporcionalidade é explicada em virtude da concentração da carga iônica de amostras orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água (Gomes, 2009). O conteúdo de sólidos totais geralmente varia de 20 a 1000 mg.L^{-1} e o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 é de 500 mg.L^{-1} . Mínimos e máximos de STD no presente trabalho foram de 127 mg.L^{-1} em P5, 1ª e

2º coletas, e 193 mg.L⁻¹ em P2 na 2º coleta. Pontos caracterizados pelo forte despejo de lixo e esgotamento sanitário. O lançamento de resíduos industriais e domésticos é o principal responsável pelo aumento da presença de sólidos na água. Borges et al. (2003) diz que o despejo de lixo, esgotos, garrafas, plásticos faz aumentar a concentração desse parâmetro no corpo hídrico. De Miranda et al. (2016) e Sampaio et al. (2007) explicam que a relação de proporcionalidade entre Sólidos Totais Dissolvidos e Condutividade Elétrica, baseia-se no fato de ambos estarem relacionados com a dispersão de substâncias dissolvidas na água. A diferença está no tipo de dissolução dos compostos envolvidos, STD estão relacionados às substâncias em suspensão de natureza orgânica e inorgânica, no caso do presente estudo representadas pelo despejo de lixos, esgotamentos sanitários e resíduos indústrias nas águas do canal Água Cristal; já a Condutividade Elétrica, faz relação à natureza iônica dos sais presentes na dispersão dessas substâncias.

As temperaturas da água medidas no canal Água Cristal não apresentaram diferença estatística significativa nem ao longo dos pontos como também ao longo das coletas. Não há um limiar estabelecido pela resolução a respeito da T.Água, contudo sabe-se que a radiação solar exerce influencia direta neste parâmetro. Menores temperaturas da água estão relacionadas com a cobertura de nuvens, que no período chuvoso não permitem a incidência dos raios solares sobre as águas do rio, diferentemente do período menos chuvoso, o qual a incidência solar sobre as águas do rio é mais intensa e consequentemente possibilita o aumento de temperatura da água (Sá Filho, 2010; Alves et al., 2012).

Os maiores valores de turbidez foram observados no primeiro perímetro (P1 a P3) para ambas as coletas, em comparação ao segundo perímetro (P4 a P5). O menor valor foi de 16,4 UNT em P4 e o maior valor correspondeu a 74,3 UNT em P1, ambos 2º coleta. Nas duas coletas o parâmetro teve tendência decrescente até o ponto P4, no ponto P5 sofreu um leve aumento e tornou a decrescer. Para CONAMA 357/05 os valores de turbidez nas águas doces de classe 2 podem ser de até 100 UNT. Portanto, todos os valores de turbidez no Água Cristal estão de acordo com o regulamento. Os dados revelam que em P3 a turbidez é menor entre os pontos do primeiro perímetro e é mais próxima dos valores encontrados nos pontos do segundo perímetro. Porém, os efeitos mais adversos são observados neste ponto, onde o canal possui maior profundidade, fazendo da água mais turbida pela

superposição das camadas ao longo da coluna d'água.

Damasceno et al. (2015), afirmam que os valores de turbidez tem relação direta com os períodos de chuvas na região, como também, com a profundidade da coluna de água atribuída a vazão do rio ou canal. Segundo os autores períodos com menor quantitativo de chuvas, menores vazões, tendem a diminuir os processos de autodepuração do material particulado em suspensão nas águas e com isso registrar os maiores valores de turbidez. A vazão verificada no segundo perímetro do Canal Água Cristal comprova essa afirmação, por serem pontos de profundidade maiores, apresentam maiores vazões do que comparadas aos pontos do primeiro perímetro, logo apresentam os menores valores de Turbidez.

Análise das componentes principais - PCA

Entre as variáveis que obtiveram diferença significativa entre os pontos amostrais ao longo das coletas, pela análise de variância, seguida do teste Tukey. Obteve-se a Figura 3, que representa a Análise dos Componentes Principais – PCA entre as variáveis: Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Turbidez (Turb). As duas Componentes (PC1 e PC2) apresentam 99,9% de máxima variância total explicada, com 88,2% para PC1 e 11,7% para a PC2.

Por meio da projeção bidimensional do gráfico de scores, Figura 3, é possível verificar na PC1, uma divisão bem definida entre valores positivos para P1, P2 e P3 (1º e 2º coleta) e valores negativos para P3, P4 e P5 (1º e 2º coleta) 88,2% de variância explicada. Já para PC2 é verificada uma divisão entre valores positivos para P1, P5 e P6 (1º e 2º coleta) e valores negativos para P2, P3 e P4 (1º e 2º coleta). A clara divisão entre valores positivos e negativos na PC1 evidencia a distinta divisão dos pontos de coleta nos dois perímetros de estudo, pois ao longo do canal água cristal é perceptível a existência de dois estratos em relação a solo e a cobertura vegetal.

Figura 3. Distribuição espacial do primeiro e do segundo modo (PC1 e PC2) dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 nos dois períodos de coleta, 99,9% da variância total explicada.

No trabalho de Miranda et al. (2016) na análise da qualidade da água da ilha de Mosqueiro – Pará, e no de Menezes et al. (2016) no estudo de qualidade de água da bacia hidrográfica de Ribeirão Vermelho – Minas Gerais, foram observadas as mesmas correlações, os parâmetros Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez apresentaram uma correlação positiva na primeira componente (PC1). A justificativa dessa forte correlação na PC1 deve-se as características próprias do primeiro perímetro de estudo, quanto ao solo e a cobertura vegetal. Para Dupas et al. (2015) e Fia et al. (2015), os padrões no uso do solo tem influência direta sobre a qualidade de água e dos ecossistemas aquáticos dentro de uma bacia hidrográfica.

Os pontos de coleta de P1 até P3 possuem construção em concreto mais invasivo ao ambiente e funciona como dique para as margens do canal o que seria naturalmente função dos depósitos sedimentares ao longo do tempo. Ao longo do canal o sedimento original foi possivelmente dragado com o que aparentavam ser, sacos tecido pp, semelhantes aos sacos de utilização no armazenamento de grãos, preenchidos com areia. A ausência de solo e vegetação ciliar contribui para camadas de solo pouco profundas e o não desenvolvimento de plantas superiores. Já o segundo perímetro

englobando P4 a P6, verifica-se vegetação secundária de dossel mais elevado, até 10 metros, e solo ciliar servindo como irregularidades para bloqueio e modificação das velocidades de água e para o acúmulo de sedimentos nas bordas do canal. Esse perímetro apresenta cadeia alimentar mais complexa, demonstrada principalmente pela maior presença de aves e invertebrados, principalmente garças e caramujos africanos.

A clara divisão dos pontos em PC1 e PC2 mostram agrupamentos de origem comuns quanto ao tipo de poluição verificada nos diferentes perímetros. A rápida urbanização tem influência direta na alteração do solo e da vegetação (Menezes et al., 2016), contribuindo assim, para correlações expressivas quanto aos contaminantes presentes nas águas do canal Água Cristal.

Além da diferença quanto à vegetação e tipo de solo dos dois perímetros, pode-se atribuir a divisão quanto aos valores das componentes PC1 e PC2, a profundidade dos perímetros, relacionada também a vazão do canal. O primeiro perímetro apresenta profundidade menor, quando comparado ao segundo perímetro. Maiores profundidades da coluna de água podem influenciar diretamente a concentração de parâmetros físico químicos (Damasceno et al., 2015).

Para verificar quais variáveis físico químicas contribuíram mais significativamente para a formação dos diferentes grupos nas componentes principais, é apresentado a Figura 4, que representa o gráfico de loadings, atribuído as correlações entre os parâmetros: Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Turbidez (Turb), nas duas componentes principais e para as duas coletas de água.

É verificada, Figura 4, que as variáveis que mais contribuem para a formação de valores preferencialmente positivos na PC1 são Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Turbidez (Turb). As fontes de poluição existente no 1º perímetro, atribuída ao despejo e lançamento de material orgânico, carne e restos de alimentos pelas feiras e residências no entorno do canal, assim como pelo despejo de óleos e graxas pela oficina mecânica e da borracharia, aumentam a quantidade de matéria orgânica e inorgânica presente na água do canal Água Cristal.

As partículas em suspensão aumentam os valores de Turbidez (Turb), e a decomposição da matéria faz com que aumente a concentração de íons, elevando assim os valores de Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).

Sendo a condutividade uma medida de carga iônica de amostras, existe uma relação direta entre a mesma com os sólidos totais dissolvidos (Esteves, 1998; Gomes, 2009, de Miranda et al., 2016; Rocha e Pereira 2016). Para Lima (2001) e Alvarenga et al. (2012), o diagnóstico de partículas em suspensão, ou de outras substâncias no meio aquático, que geram a turbidez, indicam o agravamento de poluição. Em trabalhos realizados por Alves et al. (2012), nas águas do Rio Arari, Ilha do Marajó Nordeste do Brasil, mostraram que parâmetros como CE, STD e Turb representaram importantes indicadores de qualidade de água, a alteração em tais parâmetros pode estar relacionada à contaminação do rio por esgotos domésticos e ressuspensão de sedimentos.

Figura 4. Distribuição espacial do primeiro e do segundo modo (PC1 e PC2) das variáveis CE, STD e TURB, com 99,9% variância total explicada.

A Figura 5 representa a Análise das Componentes Principais – PCA entre as variáveis pH, Oxigênio Dissolvido (OD), Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Temperatura da Água (T.Água) e Turbidez (Turb). As duas Componentes (PC1 e PC2) apresentam 76,6% de máxima variância total explicada, com 50,6% para PC1 e 26,0% para PC2.

É verificada na Figura 5, novamente uma clara divisão entre os pontos de coleta para os dois perímetros. Na primeira componente (PC1) P1 a P3 contribuem para a formação em valores positivos, e P4 a P6 contribuem para a formação de valores negativos. Já para a segunda componente (PC2) tem-se que todos os pontos da 1ª coleta, com exceção de P2, contribuem para na formação de valores positivos e todos os pontos da segunda coleta, exceção de P6, contribuem para a formação em valores negativos.

Semelhante à análise anterior, as características próprias dos perímetros ao longo do Canal Água Cristal são fatores que explicam a divisão dos parâmetros físico químicos nas componentes (PC1 e PC2). A ausência de mata ciliar no primeiro perímetro faz com que o escoamento superficial seja maior, e os dejetos de matéria orgânica e inorgânica oriundos da feira e da oficina mecânica sejam mais rapidamente direcionados as águas do canal quando se comparado ao segundo perímetro. No trabalho de Bernardi et al. (2012) na análise da qualidade de água do Alto rio Madeira, Rondônia, observou-se correlação semelhante. As variáveis pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Sólido Totais e Temperatura se agruparam em fortes correlações na primeira componente (PC1). Segundo esses autores a principal justificativa para esta análise, deve-se ao carreamento e lixiviação da matéria orgânica, ácidos húmicos e fúlvicos, material particulado e sólidos em suspensão para dentro do rio.

Figura 5. Distribuição espacial do primeiro e do segundo modo (PC1 e PC2) dos pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 nos dois períodos de coleta, 76,6% da variância total explicada.

As características do solo, vegetação e poluição do primeiro perímetro novamente são levadas em conta, na explicação das fortes correlações dos parâmetros na PC1. Para Damasceno et al. (2015) o crescimento espacial desordenado acarreta problemáticas nos serviços de saneamento básico. A interferência antropogênica em ambientes lóticos em áreas urbanas é um fator que afeta a biota do rio (Machado et al., 2015).

A explicação em relação à (PC2), pode ser atribuída aos períodos sazonais de chuvas nos períodos de coleta. Praticamente todos os pontos na primeira coleta estão correlacionados positivamente, exceção do P2, já os pontos da segunda coleta, exceção de P6, estão correlacionados negativamente. Para Lopes et al. (2017) e Ferreira et al. (2012) na Amazônia observa-se sazonalidades próprias em período chuvoso e menos chuvoso que refletem nas propriedades físico químicas das águas, podendo ocorrer gradativas alterações nos parâmetros ao longo do tempo e espaço. Deve-se assim, analisar as características do clima em relação à sazonalidade da região em diferentes períodos de precipitação, 1º coleta foi realizada em um período com poucas chuvas na Amazônia (Jul/2014) e a 2º coleta feita em um período já considerado chuvoso para a região (Nov/2014).

A partir disso é apresentada a Figura 6, gráfico de loadings, de forma a compreender quais os parâmetros físico químicos de qualidade de água contribuem para a formação dos grupos nas duas componentes (PC1) e (PC2), para as duas coletas de água.

Na análise da Figura 6, pode-se verificar que os parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), Turbidez (Turb), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Condutividade Elétrica (CE), são os que influenciam diretamente a formação do grupo de valores positivos da CP1, e os parâmetros pH e Temperatura da água (T.Água) os que atuam na formação do grupo de valores preferencialmente negativos, também para a mesma componente.

Essas características, valores positivos, mostram que o aumento da quantidade de material em suspensão decorrente do descarte de lixo e matéria orgânica, resto de alimentos e esgotamento sanitário, e inorgânicos, óleos e graxas, atuam diretamente na formação de uma quantidade significativa de material particulado em suspensão, dificultando a penetração da radiação solar no corpo d'água e com isso aumentando os valores de Turbidez (Turb). (Pinto, 2003; Silva et al., 2008; Gomes, 2009; Alvarenga et al., 2012; Damasceno et al., 2015).

Figura 6. Distribuição espacial do primeiro e do segundo modo (PC1 e PC2) das variáveis pH, OD, CE, STD, T.Água e TURB, com 76,6% % da variância total explicada.

A decomposição da matéria orgânica altera o valor do consumo de Oxigênio Dissolvido na água (OD) pelos micro-organismos, pois os organismos vivos dependem do oxigênio para manter seus processos metabólicos de reprodução e produção de energia (Miranda et al., 2009; Silva et al., 2016). As características do solo no entorno do canal, atrelado a contaminação pelo despejo e diluição de poluentes na água, influenciam em uma quantidade maior de íons dissociados no meio, aumentando assim, os valores de Condutividade Elétrica (CE), como também de Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Segundo Gomes (2009) e de Miranda et al., (2016), a característica de dissociação dos íons está intimamente relacionada à presença dos sólidos dissolvidos no meio.

Para os valores negativos, é observada uma correlação entre pH e Temperatura da Água, isso deve-se ao fato que a intensidade da radiação solar, principal fator de modificação da T.Água, influencia diretamente nos processos de decomposição da matéria orgânica na água, aumentando desta maneira a quantidade de ácidos orgânicos produzidos no meio, e com isso alterando os valores de pH. Segundo Miranda et al. (2009), as variações de temperatura da água estão diretamente relacionadas as variações de pH.

Conclusão

O canal água Cristal em Belém do Pará sofre com o despejo de uma quantidade excessiva de poluentes e contaminantes ao longo do seu curso. As águas servem não somente como depósito de contaminantes domésticos e industriais, há regiões em que crianças utilizam do espaço como forma recreativa. Fato este que demonstra um descaso sanitário do poder público, mas, sobretudo um desprezo ambiental por parte da população da região.

O estudo estatístico revela que na análise dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, é destaque o Oxigênio Dissolvido (OD) que mesmo não apresentando diferença significativa ao longo das séries amostrais, é indicativo de poluição devido as suas concentrações estarem inferiores ao estabelecido pela lei ($<5\text{mg.L}^{-1}$) em todas as coletas e para todos os pontos.

Na verificação dos Valores de Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez, foi possível perceber uma clara diferença estatística significativa destes em

detrimento aos demais parâmetros. Fato que é justificado pela dissociação iônica e pela grande quantidade de material particulado na água vindo das atividades humanas e do esgoto ao longo do canal.

Na análise multivariada é destaque a separação em valores positivos e negativos das componentes principais, em decorrência das características do solo, vegetação, e do despejo de lixo na região. A máxima variância total explicada é obtida quando se correlaciona os parâmetros que tiveram diferença significativa entre as séries amostrais; CE; STD e Turb. Influenciando, sobretudo, em componentes positivas.

O presente estudo é pioneiro na análise da qualidade de água do canal Água Cristal utilizando a metodologia das componentes principais. Serviu como importante ferramenta no diagnóstico da situação precária existente na região, devido ao descarte inadequado de lixo, orgânico ou inorgânico, como também na obtenção dos parâmetros mais significativos para no estudo de qualidade de água.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA - UFPA) com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A parceria Universidade Federal do Pará – UFPA e Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA.

Referências

- Alvarenga, L. A., Martins, M. P. P., Cuartas, L. A., Penteado, V. A., & Andrade, A. (2012). Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul-São Paulo, após ações de preservação ambiental. *Revista Ambiente & Água*, 7, 228-240.
- Alves, I. C. C., El-Robrini, M., Santos, M. D. L. S., Monteiro, S. D. M., Barbosa, L. P. F., & Guimarães, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazonica*, 42, 115-124.
- Batista da Silva Ferreira, D., Barreiros de Souza, E., Cavalcanti de Moraes, B., & Meira Filho, L. G. (2015). Spatial and temporal variability

- of rainfall in eastern Amazon during the rainy season. *The Scientific World Journal*.
- BELÉM - Prefeitura Municipal De Belém - Anuário estatístico de Belém (2012). Disponível em <http://www.belem.pa.gov.br/transparencia/>. Acesso: 08.06.2019.
- Bernardi, J. V. E., Lacerda, L. D., Dórea, J. G., Landim, P. M. B., Gomes, J. P. O., Almeida, R., ... & Bastos, W. R. (2012). Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23, 79-90.
- Bordalo, A. O., Moura, C. A. V., & Scheller, T. (2007). Determinação da composição isotópica de estrôncio em águas naturais: exemplos de sua aplicação em águas subsuperficiais da zona costeira na região Bragantina-PA. *Química Nova*, 30, 821-827.
- Borges, M. J., Galbiatti, J. A., & Ferraud, A. S. (2003). Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8, 161-171.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2016). Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. Guia de vigilância em saúde.
- Brito, J. G. D., Alves, L. F., Santo, E., & Viana, H. M. (2014). Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro Rivers, Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 44, 121-133.
- Cohen, J. C., Silva Dias, M. A., & Nobre, C. A. (1995). Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. *Monthly Weather Review*, 123, 3163-3174.
- Cornelli, R., Schneider, V., Bortolin, T., Cemin, G., & Santos, G. (2016). Análise da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água de duas sub-bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul. *Scientia cum Industria*, [S. l.], 4(1).
- Cunha, H. B. D., & Pascoaloto, D. (2006). Hidroquímica dos rios da Amazônia. Centro cultural dos povos da Amazônia. da Silva Pimentel, M. A., Santos, V. C., & da Silva, F. A. O. (2012). A Ocupação Das Várzeas Na Cidade De Belém: Causas E Consequências Socioambientais. *Revista Geonorte*, 3, 34-45.
- Damasceno, M. D. C. S., Ribeiro, H. M. C., Takiyama, L. R., & Paula, M. T. D. (2015). Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 10, 598-613.
- de Albuquerque, M. F., de Souza, E. B., de Oliveira, M. D. C. F., & de Souza Júnior, J. A. (2010). Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, 6.
- de Miranda, M. V. T., Santos, M. D. L. S., Pereira, J. A. R., & Mesquita, K. F. C. (2016). Índices de qualidade da água da Ilha de Mosqueiro-PA.
- de Souza, E. B., Carmo, A. M. C., Moares, B. C., Nacif, A., da Silva Ferreira, D. B., Rocha, E. J. P., & Souza, P. J. D. O. P. (2016). Sazonalidade da precipitação sobre a Amazônia legal brasileira: clima atual e projeções futuras usando o modelo regcm4 (seasonal precipitation over the brazilian legal amazon: climate current and future projections using regcm4 model). *Revista Brasileira de Climatologia*, 18.
- Dupas, R., Delmas, M., Dorioz, JM, Garnier, J., Moatar, F., & Gascuel-Oudoux, C. (2015). Avaliação do impacto das pressões agrícolas nas cargas de N e P e no risco de eutrofização. *Indicadores Ecológicos*, 48, 396-407.
- Esteves, F.A. (1998). *Fundamentals of Limnology* (in Portuguese). 2 ed., Interciência, New York.
- Ferreira, S. J. F., Miranda, S. Á. F., Marques Filho, A. D. O., & Silva, C. C. (2012). Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 42, 533-540.
- Fia, R., Tadeu, H. C., Menezes, J. D., Fia, F. R. L., & Oliveira, L. D. (2015). Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20, 267-275.
- Finkler, N. R., Peresin, D., Cocconi, J., Bortolin, T. A., Rech, A., & Schneider, V. E. (2015). Qualidade da água superficial por meio de análise do componente principal. *Revista Ambiente & Água*, 10, 782-792.
- Gomes, L. H. (2009). Alterações de propriedades físico-químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.
- Lima, E. B. N. (2001). Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá. Rio de Janeiro, 102, 1-102.
- Lobato, T. C., Hauser-Davis, R. A., Oliveira, T. F., Silveira, A. M., Silva, H. A. N., Tavares, M. R. M., & Saraiva, A. C. F. (2015).

- Construction of a novel water quality index and quality indicator for reservoir water quality evaluation: A case study in the Amazon region. *Journal of Hydrology*, 522, 674-683.
- Lopes, Y. K. L., Neu, V., Felizzola, J. F., Teixeira, L. C. G. M., & de Souza Costa, C. E. A. (2017). Variabilidade hidrogeoquímica em águas do Estuário Amazônico Hydrogeochemistry variability in the Amazon Estuary waters. *Ambiência*, 13, 325-341.
- Machado, N. G., Nassarden, D. C. S., Santos, F. D., Boaventura, I. C. G., Perrier, G., Souza, F. S. C. D., ... & Biudes, M. S. (2015). Chironomus larvae (Chironomidae: Diptera) as water quality indicators along an environmental gradient in a neotropical urban stream. *Revista Ambiente & Água*, 10, 298-309.
- Marques, R. F. D. P. V., Silva, A. M. D., Rodrigues, L. D. S., & Coelho, G. (2012). Impacts of urban solid waste disposal on the quality of surface water in three cities of Minas Gerais-Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 36, 684-692.
- Menezes, J. P. C., Bittencourt, R. P., Farias, M. D. S., Bello, I. P., Fia, R., & Oliveira, L. F. C. D. (2016). Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21, 519-534.
- Miranda, R. G., Pereira, S. D. F. P., Alves, D. T. V., & Oliveira, G. R. F. (2009). Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 4(2), 75-92.
- Molion, L. C. B. (1987). Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 2(1), 107-117.
- Moraes, D.; Filho, M. (2018). Contribuição das chuvas do período da tarde em Belém e possíveis relações com a normal climatológica. *Revista Brasileira de Climatologia*, 23, 17-32.
- Pinto, A. L. (2003). Saneamento básico e qualidade das águas subterrâneas. Moretti, Edvaldo C. E Calixto, Maria José MS (Org.), 11.
- Piratoba, A. R. A., Ribeiro, H. M. C., Morales, G. P., & Gonçalves, W. (2017). Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 12(3), 435-456.
- Ponte, J. P. X. (2015). Belém do Pará: cidade e água. *Cadernos Metrópole*, 17(33), 41-60.
- Rocha, C. H. B., & Pereira, A. M. (2016). Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Ambiente & Água*, 11(1), 176-187.
- Sá Filho, J. A. R. D. (2010). Avaliação qualitativa das águas no sistema de macrodrenagem da bacia do Tabuleiro dos Martins–Maceió/AL. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas.
- Sampaio, S. C., Silvestro, M. G., Frigo, E. P., & Borges, C. M. (2007). Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. *Irriga*, 12(4), 569-574.
- Silva, A. E. P., Angelis, C. F., Machado, L. A. T., & Waichaman, A. V. (2008). Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. *Acta amazônica*, 38(4), 733-742.
- Silva, K. W. D. S., Everton, N. D. S., & Melo, M. A. D. D. (2016). Aplicação dos índices biológicos Biological Monitoring Working Party e Average Score per Taxon para avaliar a qualidade de água do rio Ouricuri no Município de Capanema, Estado do Pará, Brasil. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, 7(3), 13-22.
- Siqueira, G. W., Aprile, F., & Miguéis, A. M. (2012). Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará-Brasil). *Acta Amazonica*, 42, 413-422.
- Sodré, G. R. C., Vitorino, M. I., Cohen, J. C. P., & Moraes, B. C. (2015). Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no estado do Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8, 45-55.
- Trindade Jr, T. J. (2016). Formação metropolitana de Belém (1960-1997). Editora Paka-Tatu.
- Tundisi, J. G (2005). Recursos hídricos. Parcerias estratégicas, Brasília – DF, 20, 727-746.
- Von Sperling, M. (2007). Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. DESA/UFGM.