

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA EM TRECHOS DO RIO PURAQUEQUARA SOB INFLUÊNCIA DE ABATEDOURO BOVINO EM MANAUS- BRASIL

Characterization of physical-chemical parameters of water on Puraquequara
river sections under the influence of bovine slaughterhouse activity in Manaus-
Brazil

João Carlos de Queiroz Neto
Universidade do Estado do Amazonas
jcdqn.mgr21@uea.edu.br

Elton Alves de Souza Filho
Universidade do Estado do Amazonas
easf891@gmail.com

David Robert Santos de Souza
Universidade do Estado do Amazonas
david_robert_dessouza@hotmail.com

Gisele da Silva Sarkis
Universidade do Estado do Amazonas
gdss.mbc20@uea.edu.br

Carlossandro Carvalho de Albuquerque
Universidade do Estado do Amazonas
cscarvalho@uea.edu.br

Ieda Hortêncio Batista
Universidade do Estado do Amazonas
iedahbatista@gmail.com

RESUMO: Com intuito de analisar a qualidade físico-química das águas em trechos do rio Puraquequara, sob influência de atividades de abatedouro bovino, foram feitas medições do pH, temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, fósforo total e nitrogênio total. Foram realizadas seis campanhas amostrais, em sete pontos, com avaliação sazonal das águas entre 2018 e 2019. Dentre os dois períodos, os parâmetros da água do rio mostraram-se ser mais propensos a alterações na vazante. Os resultados apresentaram temperatura oscilando entre 29,2°C a 30,9°C e aeração OD $\geq 4,7$ mg.L⁻¹. Valores de pH > 6,0 condutividade de 56,8 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, turbidez 24,8 FTU, sólidos totais dissolvidos 29,0 mg.L⁻¹, fósforo total 0,3 mg.L⁻¹ e nitrogênio total 3,7 mg.L⁻¹ indicam alteração destes parâmetros frente às condições naturais do rio, influenciados pelo abatedouro.

Palavras-chave: Qualidade da água; Poluição hídrica; Influência antrópica.

ABSTRACT: In order to analyze the physical-chemical quality of water in stretches of the Puraquequara river under the influence of bovine slaughterhouse activities, a variety of measurements of the water quality parameters were made. These include: temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solids, turbidity, total phosphorus and total nitrogen. Six sampling campaigns were carried out, at seven points, with seasonal water assessment between 2018 and 2019. Among the two periods, the parameters of the river water proved to be more prone to changes in low water season. The results showed thermal temperature oscillating between 29.2°C to 30.9°C and aeration OD ≥ 4.7 mg.L⁻¹. PH values > 6, conductivity of 56.8 μ S.cm⁻¹, turbidity 24.8 FTU, total dissolved solids 29.0 mg.L⁻¹, total phosphorus 0.3 mg.L⁻¹ and total nitrogen 3.7 mg.L⁻¹, which indicate that changes in the parameters of the natural river conditions have been influenced by the slaughterhouse activity.

Keywords: Water quality; Water pollution; Anthropic influence.

INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus está localizada na margem esquerda do baixo rio Negro, um afluente que deságua no rio Solimões dando origem ao rio Amazonas, e no maior sistema fluvial do mundo, a bacia Amazônica, com 6.400.000 km² de área e que abrange nove países da América do Sul (YAHN FILHO, 2005).

A cidade de Manaus passou por um crescimento populacional intenso e sem planejamento para uso do espaço físico, gerando assim certa preocupação com os recursos hídricos que estão sofrendo com ações antrópicas. A falta de infraestrutura, como saneamento básico e uma política de planejamento e conscientização da população tem ocasionado um desequilíbrio nos ecossistemas aquáticos (LOPES e SILVA, 1999).

Dados do Instituto Trata Brasil (2019) corroboram com esta informação ao listar Manaus na nonagésima oitava posição no ranking do saneamento brasileiro em um total de 100 municípios analisados. Isto é preocupante, pois um dos indicadores analisados é o índice de atendimento urbano de esgoto, o qual correspondeu a 12,32%, ou seja, a maior parcela da população que reside no espaço urbano de Manaus não é atendida pela rede de esgoto. Todos os dejetos são lançados nos rios que entrecortam a cidade, também conhecidos como igarapés, e acabam alterando as propriedades físico-químicas naturais das águas.

A bacia do rio Puraquequara, localizada à leste da cidade de Manaus, é utilizada para desenvolvimento de atividades industriais e comerciais, práticas de lazer, recreação aquática e flutuantes que servem como “bares dançantes” (ROCHA, 2014).

Além dos fatores naturais que interferem na composição físico-química dos rios, a influência antrópica exercida de diferentes formas também contribuem para possíveis alterações destes parâmetros (BERNARDI et al., 2009). No Brasil, a indústria agropecuária, incluído os matadouros, insere-se entre as maiores fontes poluidoras, contribuindo principalmente com nitrogênio e fósforo (THEBALDI et al., 2011). O desordenamento do uso e ocupação do solo acarreta desequilíbrios

ambientais que interferem diretamente na qualidade da água. Ocupações nas margens dos rios promovem a retirada da mata ciliar, erosões e, conseqüentemente, entrada de partículas e substâncias químicas que alteram a entrada de luz, podem provocar eutrofização e/ou também contaminação por agentes químicos na água.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo analisar o impacto de um abatedouro na qualidade da água em trechos do rio Puraquequara a partir da determinação de parâmetros físicos e químicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A região está localizada na zona climática equatorial e o clima é quente e úmido do tipo Afi, segundo a classificação de Koppen (SOUZA et al., 2008). Os maiores picos de insolação ocorrem nos meses de setembro e outubro e os mínimos de dezembro a fevereiro. A amplitude térmica sazonal é de 1 - 2 °C com valores médios de temperatura entre 24 e 26 °C e precipitação anual de 2.300 mm, com o período chuvoso entre os meses de novembro à março e os de menos chuvas entre maio a setembro (SILVA et al., 2008, FRITSONS et al., 2017).

A Bacia Hidrográfica do rio Puraquequara está localizada na zona leste da cidade de Manaus, no estado do Amazonas. Sua porção oriental é mais conservada devido a presença do Centro de treinamento de Instrução de Guerra na Selva (CIGS) do Exército Brasileiro. Essa condição favorece a preservação da floresta, das matas ciliares e da fauna e flora desta região (ROCHA, 2014).

Miranda (2017) cita que o lado ocidental, onde está localizado o abatedouro, é a área mais ocupada e afetada pela expansão urbana desordenada e irregular, na qual observa-se a presença de indústrias, abatedouros, estaleiros, balneários, flutuantes, sítios e estabelecimentos recreativos.

O rio Puraquequara tem as nascentes localizadas próximas a rodovia AM- 010 e deságua no rio Amazonas, sendo sua foz afogada e no formato de ria. Isto confere a formação de um lago na sua foz que se estende até 7 km em direção à montante. Os solos predominantes na área são Latossolos e Espodossolos (HORBE et al., 2005).

A Bacia do Puraquequara tem um perímetro de 151.731 km, comprimento do canal principal de 19.541 km, comprimento vetorial do canal principal de 16.334 km e apresenta pouca tendência a enchentes, devido a ser alongada (COSTA et al., 2013).

Foram definidos sete pontos amostrais, na margem direita do rio Puraquequara, sendo dois mais a montante (P1 e P2), três na confluência do braço de rio em que está localizado o abatedouro (03°01'13.50" S e 59°49'36.52" W), com o rio Puraquequara (P3, P4 e P5) e dois pontos mais a jusante (P6 e P7) (Figura 1). As coletas foram realizadas nos meses de setembro, outubro e novembro de 2018, correspondendo ao período de vazante, e nos meses de fevereiro, abril e julho de 2019, período de enchente.

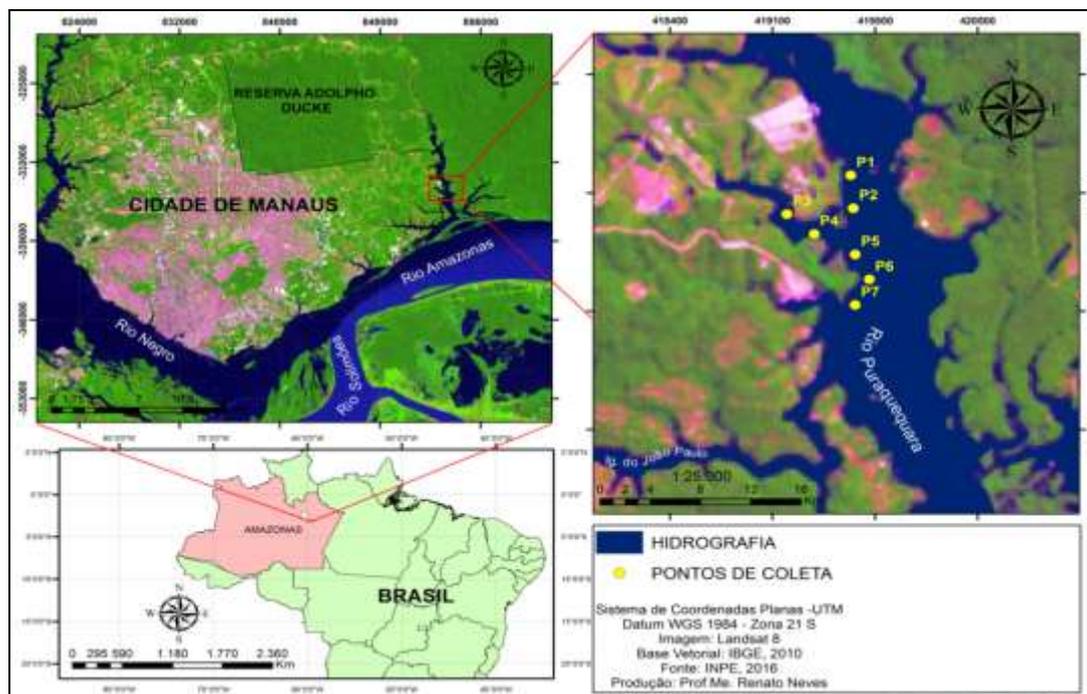


Figura 1. Localização dos pontos de coleta das amostras de água e análises *in situ* no Rio Puraquequara. **Fonte:** Os autores (2018).

Procedimento de coleta

A metodologia de coleta e preservação das amostras seguiu as diretrizes do guia nacional de coleta e preservação de amostras da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, estabelecida na resolução ANA n° 724 (CETESB, 2011), que fixam as condições exigíveis para a elaboração e planejamento de amostragem de água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.

Foram utilizados recipientes de vidro de cor âmbar com capacidade de 500 mL para as coletas de água. As amostras para análise em laboratório foram coletadas na superfície, 10 cm abaixo da lâmina d'água, acondicionadas em caixas térmicas de isopor com gelo e mantidas preservadas em resfriamento a 4° C para transporte para realização das análises em laboratório.

Os frascos de coleta foram lavados com detergente neutro, enxaguados e secos em estufa à 100 °C. Também receberam limpeza especial para análises de fosfatos e fósforo total. Os frascos e tampas foram imersos em solução de ácido clorídrico (HCl) a 5% por 48 horas, enxaguados com água desmineralizada e secos em papel absorvente.

Os parâmetros físico-químicos pH, temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$), sólidos totais dissolvidos (mg.L^{-1}) foram mensurados *in situ* por meio de aparelho multiparâmetro (fabricante HANNA e modelo HI-98194). A turbidez (FTU) foi determinada utilizando turbidímetro (fabricante HANNA e modelo HI-93703). As análises de fósforo total e nitrogênio total foram determinadas por meio de fotômetro de bancada (fabricante HANNA e modelo HI-83399) e reator de bancada (fabricante HANNA e modelo HI-839800) para procedimento de

abertura de amostras líquidas por digestão e, em seguida, as amostras foram analisadas no fotômetro. Os procedimentos foram realizados no laboratório de Imunofarmacologia da Universidade do Estado do Amazonas.

A manutenção sonda multiparâmetro ocorreu sempre com a antecedência mínima de um dia antes das medições. O pH foi calibrado com soluções tampão de pH 4, 7 e 10, a condutividade com solução de cloreto de potássio de condutividade 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$, o oxigênio dissolvido com solução de sulfito de sódio (padrão 0%) e no ar atmosférico (padrão 100%) e o turbidímetro com soluções de 0, 10 e 500 FTU.

Análise dos dados

As análises utilizando a sonda multiparâmetro e o turbidímetro foram realizadas em triplicata e as demais em uma única leitura. Para verificar se houve diferença estatística entre as médias dos diferentes pontos (P1 a P7) nos dois períodos foi aplicado o teste ANOVA seguido pelo teste t, com nível de significância de 5% ($p < 0,05$), utilizando o *software* BioStat 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Oxigênio dissolvido

Os valores médios do oxigênio dissolvido na água oscilaram de 4,99 mg.L^{-1} (P7) a 5,77 mg.L^{-1} (P1) na vazante e de 4,72 mg.L^{-1} (P3) a 5,90 mg.L^{-1} (P6) na enchente. Apesar de obter-se concentrações de oxigênio dissolvido abaixo de 5,00 mg.L^{-1} , a maioria das medições (57,14%) foram superiores a este. Comparando os pontos, na vazante, as duas maiores médias ocorreram em P1 e P2 com decréscimo e significativamente diferentes de P3, ponto mais próximo ao abatedouro. Em relação à sazonalidade, três (P2, P4 e P7) dos sete pontos analisados não apresentaram resultados significativamente diferentes (Figura 2).

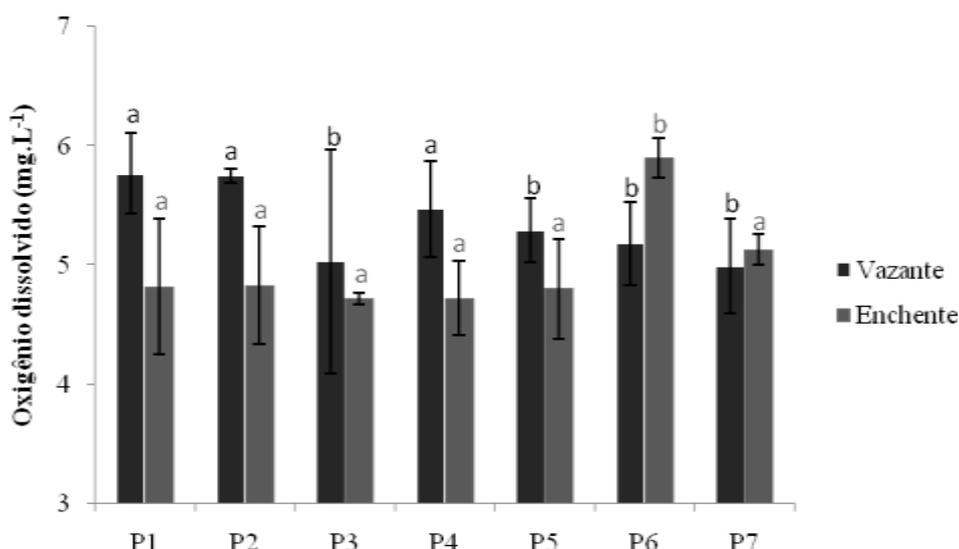


Figura 2. Valores médios do oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Nota:** Médias com a mesma

letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Estes resultados diferem do obtido por Souza Filho et al. (2019), que registraram em trechos urbanos da microbacia do Mindu, cujo rio principal entrecorta a cidade de Manaus e recebe dejetos de diversos tipos, valores de oxigênio dissolvido menores que 2 mg.L^{-1} e de Pinto et al. (2009), os quais analisaram parâmetros físico-químicos na orla do rio Negro, na confluência com os tributários São Raimundo e Educandos, local de despejo de grande cargas de poluentes, e encontraram valor máximo de $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$.

Horbe et al. (2005), Pereira et al. (2013), Pinheiro e Borges (2013) e Silva et al. (2019) obtiveram valores de oxigênio dissolvido em áreas livres de impacto antrópico, que variaram de $1,21 \text{ mg.L}^{-1}$ a $8,9 \text{ mg.L}^{-1}$ em rios amazônicos. Portanto, as concentrações medidas nessa pesquisa estão no intervalo de valores observados em pesquisas anteriores e revelam que este parâmetro não encontra-se em níveis críticos para as águas do rio Puraquequara.

Temperatura

Os valores médios da temperatura da água oscilaram de $30,1 \text{ }^\circ\text{C}$ (P1) a $30,91 \text{ }^\circ\text{C}$ (P7) na vazante e de $29,21 \text{ }^\circ\text{C}$ (P2) a $29,59 \text{ }^\circ\text{C}$ (P4) no período de enchente (Figura 3). Estes valores estão de acordo com outros estudos realizados em rios amazônicos por Alves et al. (2012), Siqueira et al. (2012), Pereira et al. (2013), Silva et al. (2013), Souza Filho et al. (2019) e Souza Filho et al. (2020) que também obtiveram aumento da temperatura média no período de vazante no igarapé do Mindu. A análise estatística não revelou resultados significativamente diferentes entre os pontos.

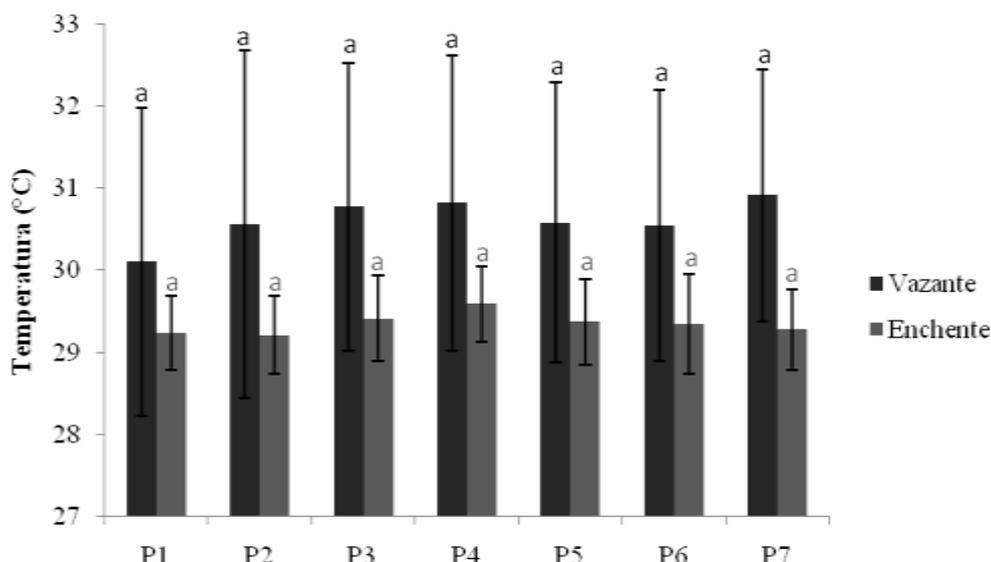


Figura 3. Valores médios da temperatura ($^\circ\text{C}$) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Nota:** Médias com a mesma letra, em

cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH oscilou de 5,16 (P1) a 6,08 (P3) e de 5,83 (P4) a 6,49 (P7) nos períodos de vazante e enchente, respectivamente. O pH em P1 (5,16) e P2 (5,26), na vazante, foram os menores e estatisticamente diferentes dos demais. Sendo assim, observa-se uma alteração do pH em P3 e sua diminuição até P7 no mesmo período, pontos estes mais afastados e sob menor influência do abatedouro (Figura 4). Os rios de águas pretas possuem, em condições naturais, pH ácido. Foram encontrados valores, nestas condições, que oscilaram entre 3,5 a 5,8 (HORBE et al., 2005; HORBE e OLIVEIRA, 2008; PINTO et al., 2009; NASCIMETO e SILVA, 2010; SILVA et al., 2019). O pH acima de 6,0 obtido em P3 podem ser resultantes da ação antrópica nas margens, corroborando resultados reportados por outros autores em rios de águas pretas sob influência antrópica (PINTO et al., 2009; NASCIMETO e SILVA, 2010; SOUZA FILHO et al., 2019). Em P1 e P2 houve aumento do pH durante o período de enchente em comparação com a vazante, e também observou-se uma uniformização em todos os pontos, pois não apresentaram valores significativamente diferentes entre si. O aumento do pH no período de enchente também foi observado no mesmo rio por Oliveira et al. (2017).

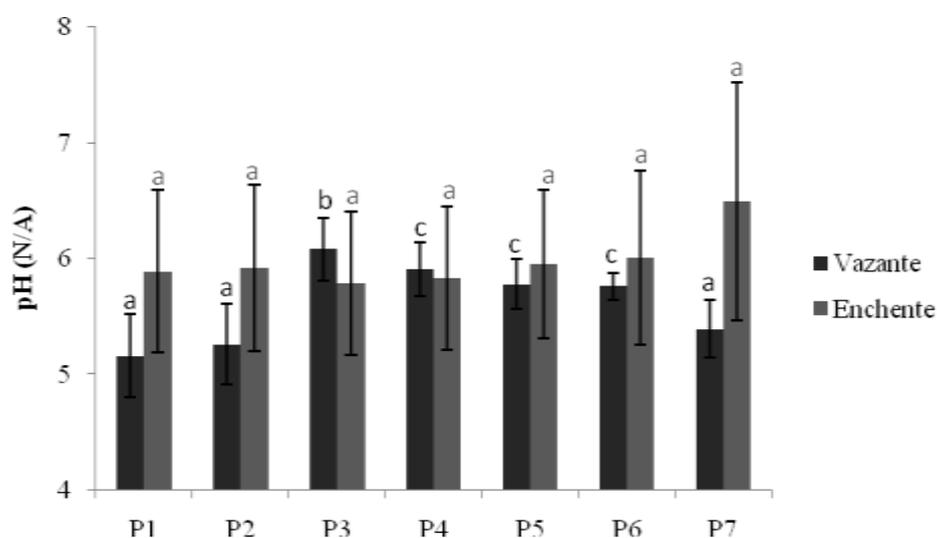


Figura 4. Valores médios de pH obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Nota:** Médias com a mesma letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Condutividade elétrica

Os valores médios oscilaram de $6,89 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (P1) a $56,78 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (P3) na vazante e de $21,56 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (P1) a $29,33 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (P3) na enchente, com médias que chegaram até $82,67 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ no mês de novembro, início das chuvas na região (Figura 5). Este

parâmetro também se mostrou sensível às ações antrópicas nas margens, com aumento das médias a partir de P3 nos dois períodos analisados e significativamente diferentes na vazante. De forma natural o início do período chuvoso faz com que partículas sejam lixiviadas do solo da floresta e sejam percoladas através das margens e adentrem no sistema hídrico, resultando em aumentos na condutividade. Estudos no rio Puraquequara e em outros rios amazônicos com baixo valor de condutividade não ultrapassaram o valor de $30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (HORBE et al., 2005; HORBE e OLIVEIRA, 2008; PINTO et al., 2009; NASCIMENTO e SILVA, 2010; SILVA et al., 2019).

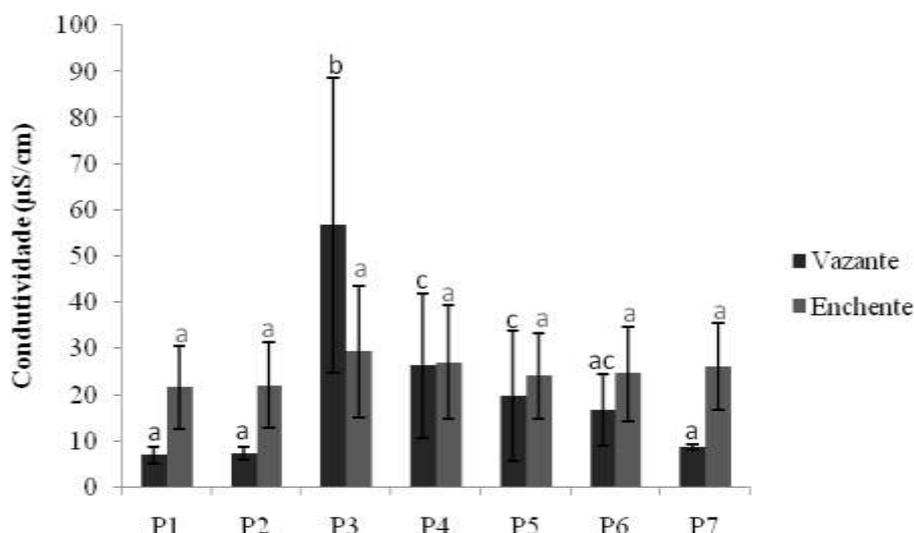


Figura 5. Valores médios de condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Nota:** Médias com a mesma letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Sólidos totais dissolvidos

A concentração dos sólidos totais dissolvidos (TDS) oscilaram de $3,56 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (P1) a $29,00 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (P3) na vazante e de $10,67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a $14,67 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ na enchente. O valor em P3 na vazante foi significativamente diferente dos demais pontos e refletem alteração devido a retirada da vegetação e erosão do solo exposto (Figura 6).



Figura 6. Ponto de coleta 3, em frente ao porto do abatedouro, no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Fonte:** Os autores (2017).

Os pontos P1 e P2 estão de acordo com o relatado na literatura para águas pretas em condições naturais (PEREIRA et al., 2013; PINHEIRO e BORGES, 2013). Assim como na condutividade, também observa-se aumento dos níveis dos sólidos totais dissolvidos na enchente e valores não significativamente diferentes em todos os pontos analisados no período da enchente (Figura 7).

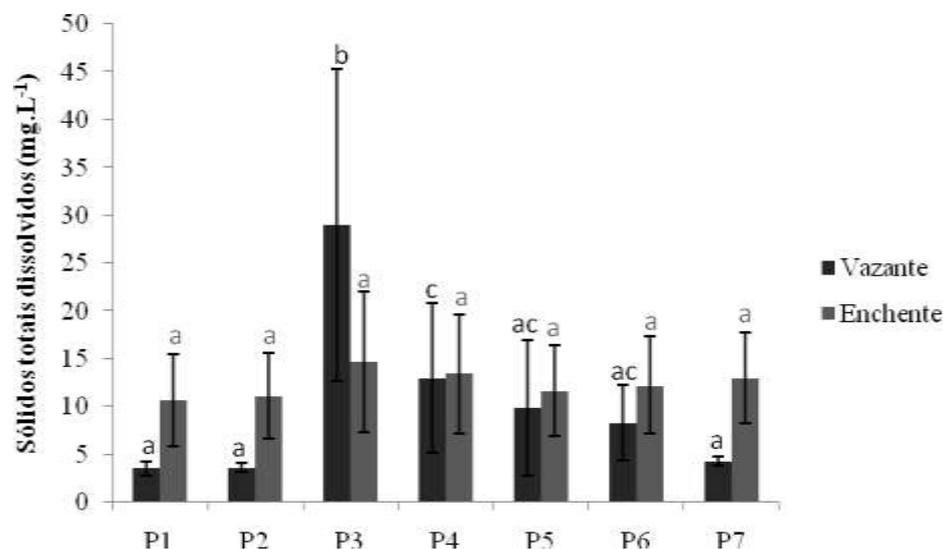


Figura 7. Valores médios dos sólidos totais dissolvidos (mg.L^{-1}) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. Médias com a mesma letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Turbidez

Os valores médios da turbidez oscilaram de 8,95 FTU (P1) a 24,85 (P5) FTU na vazante e de 3,84 FTU (P4) a 5,61 FTU (P7) a enchente. Este parâmetro também

apresentou alteração a partir de P3 no período de vazante e com valores superiores e significativamente diferentes em todos os pontos em relação a sazonalidade (Figura 8).

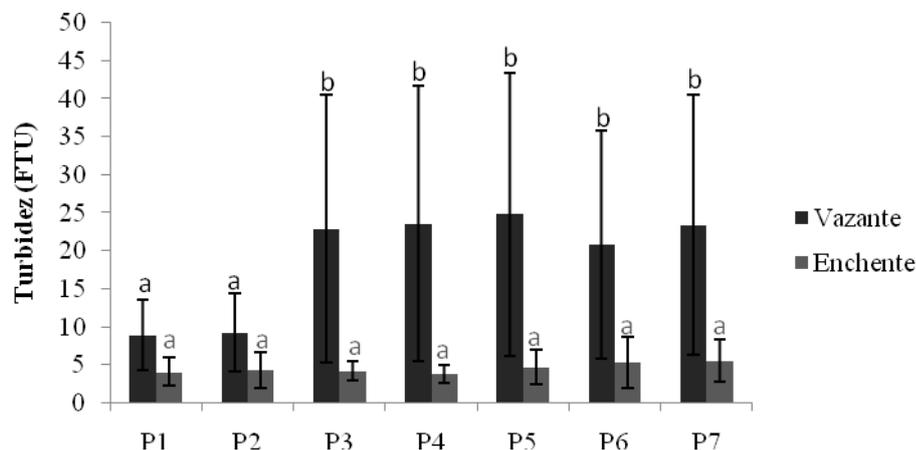


FIGURA 8. Valores médios da turbidez (FTU) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. Médias com a mesma letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

A menor turbidez no período de enchente foi relacionada à menor concentração de sólidos em suspensão na lâmina d'água. Sob o aspecto qualitativo foi observado em campo que houve mudança da cor da água, que na enchente é preta, como muitos igarapés que cortam a cidade de Manaus, e na vazante tem um aspecto de água branca parecido com as águas do rio Amazonas, com maior presença de sedimentos (Figura 9).



Figura 9. Diferença de cor da água entre o período de enchente (A) e vazante (B) observados em campo no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Fonte:** Os autores (2017).

Horbe et al. (2005) em análise de trechos a montante no rio Puraquequara, não encontraram turbidez maior do que 8,6 FTU em 82,35% das 17 análises realizadas. Já Nascimento e Silva (2010) obtiveram turbidez variando entre 14 a 15 FTU no igarapé da Bolívia, na Reserva Florestal Adolpho Ducke, em Manaus, e entre 72 a 143 FTU em área antropizada fora da reserva florestal. Estes dados corroboram com a análise da alteração da turbidez a partir de P3.

Fósforo total

As concentrações médias do fósforo total foram máximas em P3 (0,32 mg.L⁻¹) e oscilaram na vazante entre 0,01 mg.L⁻¹ (P6) a 0,05 mg.L⁻¹ (P7) na enchente. O ponto P3, diferiu significativamente de P1 e P2 no período de vazante. Observa-se a contribuição de compostos fosforados na área próximo do abatedouro (Figura 10). Mesmo sabendo que a influência do ambiente natural alteram este parâmetro, como observado por Alves et al. (2012), a comparação com os locais mais a montante sugerem alteração resultante das excretas dos animais que ficam confinados no curral próximo do rio antes do abate, ou seja, uma fonte pontual de contaminação das águas (Figura 6). Outros estudos em rios de águas pretas sustentam a entrada de fósforo no corpo hídrico em P3, como no caso do rio Negro, onde não relatou-se valores superiores a 0,039 mg.L⁻¹ (PINHEIRO e BORGES, 2013). Pereira et al. (2013) no rio Juma, em avaliação da influência de um lixão, em Apuí, município do estado do Amazonas, na qualidade da água, não reportaram fósforo total superior a 0,022 mg.L⁻¹.

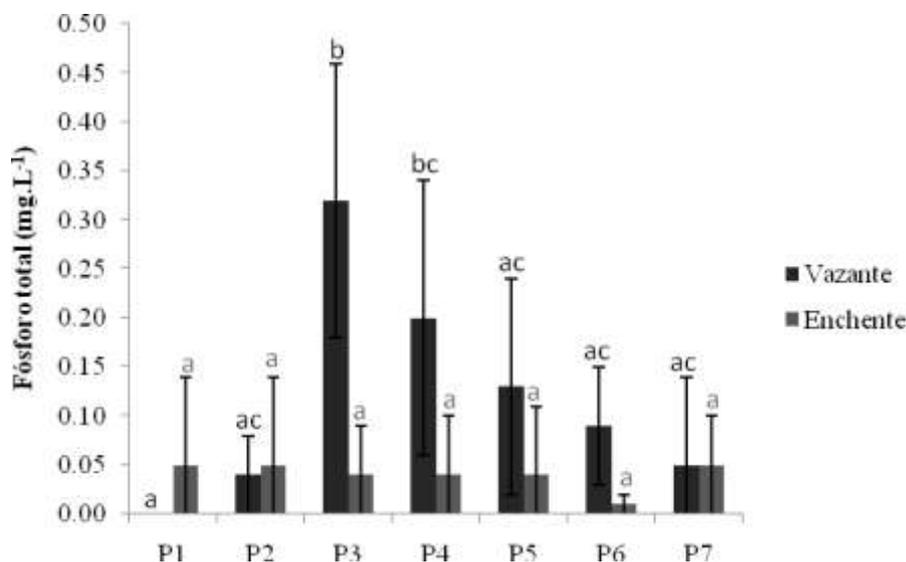


Figura 10. Valores médios do fósforo total (mg.L⁻¹) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Nota:** Médias com a mesma letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Nitrogênio total

O nitrogênio total oscilou de 0,7 mg.L⁻¹ (P1, P2 e P7) a 3,7 mg.L⁻¹ (P3) no período

de vazante e de 0,5 mg.L⁻¹ (P7) a 1,1 mg.L⁻¹ (P3) na enchente (Figura 11). Os elevados desvios padrão observados são devidos a não detecção pelo método utilizado de nitrogênio total em todos os pontos no mês de outubro e concentração de até 10,0 mg.L⁻¹ em P3 em novembro. Não observou-se resultados significativamente diferentes nos pontos e em períodos sazonais diferentes. Alves et al. (2012) encontraram valores que oscilaram de 2,01 mg.L⁻¹ à 6,36 mg.L⁻¹ em estudos no rio Arari, no estado do Pará, e Siqueira et al. (2012) obtiveram concentrações inferiores a 0,4 mg.L⁻¹ no rio Parauapeba, ambos em condições naturais. Logo, de P3 a P7 tem-se a entrada do nitrogênio no corpo hídrico, resultante também das excretas dos animais, pois P1 e P2, como nos demais meses, não ultrapassaram 1 mg.L⁻¹.

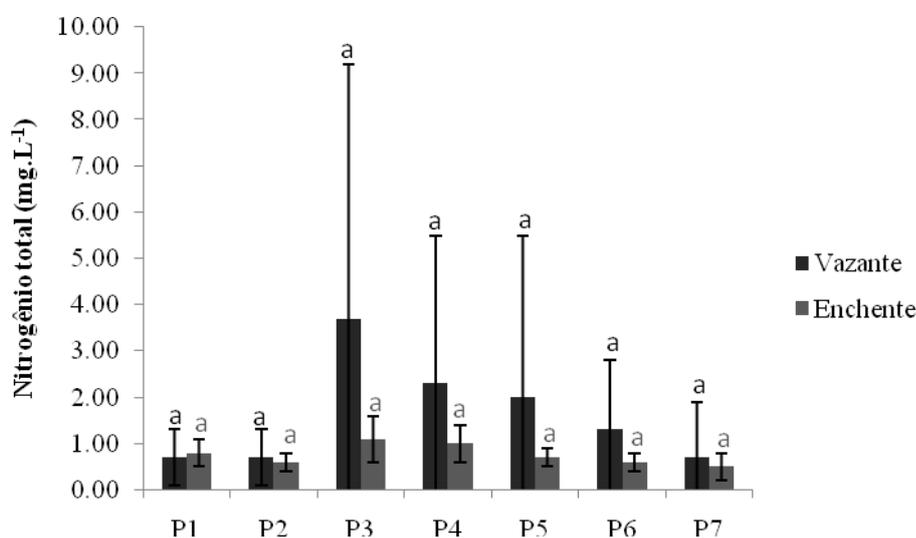


Figura 11. Valores médios de nitrogênio total (mg.L⁻¹) obtidos no ano de 2018 (vazante) e 2019 (enchente) no rio Puraquequara, Manaus, Amazonas. **Nota:** Médias com a mesma letra, em cada período sazonal, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de ANOVA, seguido pelo teste T com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados contribuem para o entendimento preliminar acerca dos possíveis impactos físico-químicos causados pela ação antrópica nos corpos hídricos, como no caso de abatedouros bovinos no rio Puraquequara. Os parâmetros alterados na presença do estabelecimento foram, principalmente na vazante, o pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos e condutividade. Estes estão relacionados com os sedimentos que percolam para dentro do sistema hídrico e acabam se dissolvendo ou permanecendo em suspensão, aumentando a turbidez e consequentemente prejudicando a entrada de luz solar no rio. Luz esta necessária para que as plantas bentônicas e as algas realizem a fotossíntese, promovendo o aporte de oxigênio dissolvido na água. Estes sedimentos chegam ao rio devido principalmente da retirada da mata ciliar e da movimentação do solo nas margens. Outros parâmetros também sensíveis à ação antrópica na margem, como o fósforo

e o nitrogênio total, estão relacionados com a entrada de material orgânico provenientes muito provavelmente das excretas dos animais e que podem provocar eutrofização dos rios e prejudicar as taxas de oxigênio dissolvido por conta da decomposição da matéria orgânica. Se a taxa de oxigênio dissolvido for deplecionada ao longo dos anos, por conta dos lançamentos de compostos nitrogenados e fosforados, toda a biota do rio sofrerá as consequências, com alteração de toda a cadeia alimentar e da ciclagem dos nutrientes.

Também fornece informações para que os órgãos gestores das bacias hidrográficas possam estar cientes dos impactos causados pelos usuários localizados na bacia do rio Puraquequara e assim ter subsídios para as futuras licenças ambientais expedidas para uso e ocupação do solo de forma sustentável próximo a esta bacia hidrográfica.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas- FAPEAM pela bolsa concedida ao primeiro autor, ao Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos- ProfÁgua, a CAPES, aos Laboratórios de Imunofarmacologia e ILUM da Universidade do Estado do Amazonas pelo apoio concedido à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALVES, I. C. C., EL ROBRINI, M., SANTOS, M. L. S., MONTEIRO, S. M., BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do rio arari (ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 115- 124, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>.

BERNARDI, J. V. E., LACERDA, L. D., DÓREA, J. G., LANDIM, P. M. B., GOMES, J. P. O, ALMEIDA, R., MANZATTO, A. G.; BASTOS, W. R. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto rio madeira e afluentes, Amazônia ocidental. *Geochimica brasiliensis*, v. 23, n. 1, p. 79- 90, 2009. doi: <https://doi.org/10.21715/gb.v23i1.296>

CETESB. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Brasília: ANA, 2011. 326p.

COSTA, E. B. S.; SILVA, C. L.; SILVA, M. L. Caracterização física de bacias hidrográficas na região de Manaus – AM. *Caminhos de geografia*, v. 14, n. 46, p. 93-100, 2013.

FRITZSONS, E., MANTOVANI, L. E.; WREGGE, M. S. Os biomas e os climas das capitais do Brasil. *Revista brasileira de geografia física*, v. 10, n. 4, p. 1152- 1160, 2017.

HORBE, A. M. C.; OLIVEIRA, L. G. S. Química de igarapés de água preta do nordeste do Amazonas – Brasil. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 4, p. 753- 760, 2008. doi:

<https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400020>.

HORBE, A. M. C., GOMES, I. L. F., MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. R. Contribuição à hidroquímica de drenagens no município de Manaus – AM. *Acta Amazonica*, v.35, n. 2, p. 119- 124, 2005. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000200002>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento 2019. São Paulo- SP, 2019. 128p.

LOPES, A. P.; SILVA, M. S. R. Hidroquímica das águas de superfícies da bacia do Puraquequara - Manaus – AM. *In: VIII JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPA, MANAUS-AM*, p. 191- 193, 1999.

MIRANDA, M. J. O. *O uso de geotecnologias na análise temporal do processo de expansão urbana sobre a bacia hidrográfica do Puraquequara: Manaus – AM*. Dissertação (Mestrado em geografia) – Instituto de Ciências Humanas e Letras, UFAM, Manaus, 2017, 112f.

NASCIMENTO, C. R. E SILVA, M. R. S. Alterações em parâmetros físicos e em concentrações de cátions e ânions em uma micro-bacia hidrográfica de Manaus devido à expansão urbana. *Caminhos de geografia*, v. 11, n. 33, p. 208- 219, 2010.

OLIVEIRA, R. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; FERREIRA, S. J. F.; GOMES, N. A.; BASTOS, A. S.; ABREU, A. A. Caracterização sob aspectos físicos e químicos das águas da bacia do Puraquequara - AM, Brasil. *In: XXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, Florianópolis, 2017. Anais do xxii simpósio brasileiro de recursos hídricos: Florianópolis: ABRH, 2017.

PEREIRA, A. R., SANTOS, A. A., SILVA, W. T. P., FROZZI, J. C.; PEIXOTO, K. L. G. Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. *Ambiente&água - an interdisciplinary journal of applied science*, v. 8, n. 3, p. 239- 246, 2013. doi: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1160>.

PINHEIRO, L. A. E BORGES, J. T. Avaliação hidroquímica qualitativa das águas do baixo rio Negro. *Revista eletrônica de petróleo e gás*, v. 1, n. 2, p. 23- 31, 2013.

PINTO, A. G. N., HORBE, A. M. C., SILVA, M. S. R., MIRANDA, S. A. F., PASCOALOTO, F. E SANTOS, H. M. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 3, p. 627- 638, 2009. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000300018>.

ROCHA, A. T. *Gestão da água em Manaus: criação do comitê de bacia hidrográfica do rio do Puraquequara*. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Ciências Humanas e Letras, UFAM, Manaus, 2014, 123 f.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do rio Purus. *Acta Amazonica*, v. 38, n. 4, p. 733- 742, 2008. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>.

SILVA, M. S. R., MIRANDA, S. A. F., DOMINGOS, R., SILVA, S. L. R.; SANTANA, G. P. Classificação dos rios da Amazônia: uma estratégia para a preservação desses recursos. *Holos Environment*, v. 13, n. 2, p. 163- 174, 2013. doi: <https://doi.org/10.14295/holos.v13i2.7344>.

SILVA, M. S. R.; RÍOS- VILLAMIZAR, E. A.; MIRANDA, S. A. F.; FERREIRA, S. J. F.; BRINGEL, S. R. B.; GOMES, N. A.; SILVA, L. M.; PASCOALOTO, D.; SANTANA, G. P.; CUNHA, H. B. A. Contribution to the hydrochemistry and water typology of the amazon river and its tributaries. *Caminhos de geografia*, v. 20, n. 72, p. 360- 374, 2019.

SIQUEIRA, G. W., APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará-Brasil). *Acta Amazonica*, v. 42, n. 3, p. 413- 422, 2012. doi: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300014>.

SOUZA FILHO, E. A.; BATISTA, I. H.; ALBUQUERQUE, C. C. Levantamento de aspectos físico-químicos das águas da microbacia do Mindu em Manaus- Amazonas. *Revista geográfica de américa central*, v. 63, n. 2, p. 341- 367, 2019. doi: <https://doi.org/10.15359/rgac.63-2.13>

SOUZA FILHO, E. A.; ALVES, S. B. S. M; NEVES, R. K. R.; BATISTA, I. H.; ALBUQUERQUE, C. C.; DAMASCENO, S. B.; NASCIMENTO, D. A. Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do Mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-Am. *Revista braz. j. of develop.*, v. 6, n. 1, p. 2419-2433, 2020. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-178>

SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. Espécies florestais para produção de energia. Circular técnica 31, Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2008.

THEBALDI, M. S., SANDRI, D., FELISBERTO, A. B., ROCHA, M. S., NETO, S. A. Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, v. 15, n. 3, p. 302- 309, 2011. doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000300012>.

Yahn Filho, A. G. O conceito de bacia de drenagem internacional no contexto do tratado de cooperação amazônica e a questão hídrica na região. *Ambiente & Sociedade*, v. 8, n. 1, p. 1- 13, 2005. doi: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2005000100006>.

Recebido em 12/01/2021
Aceito em 19/12/2021