

SÓDIO E POTÁSSIO COMO INDICADORES DE ANTROPIZAÇÃO NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA URBANA NA CIDADE DE MANAUS-AM

Sodium and potassium as anthropisation indicators in the surface water of an urban water basin in the city of Manaus-AM

Fábio Alexandre Costa Mota

Graduado em Química. Mestre e Doutor em Química Analítica (UFAM). Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFAM, Brasil

fabio.mota@ifam.edu.br

Anderson da Silva Lages

Graduado em Química. Mestre e Doutor em Química Analítica (UFAM) , Brasil

asl.qmc@gmail.com

Adriana Castro da Conceição

Mestre em Clima e Ambiente (INPA). Especialista em Gestão Ambiental (UTAM). Graduada em Engenharia Florestal (UTAM), Brasil

dricaoran@gmail.com

Sávio José Filgueiras Ferreira

Doutor em Química Ambiental. Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brasil

saviojfferreira@gmail.com

Márcio Luiz da Silva

Doutor em Química Ambiental. Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brasil

marciols44@gmail.com

Recebido: 16.05.2023

Aceito: 08.04.2024

Resumo

A avaliação da qualidade das águas superficiais é um desafio pela pluralidade de impactos ambientais antrópicos possíveis e considerar a variação na composição química dessas águas torna-se bastante útil nessa avaliação. Dois macronutrientes em ambientes aquáticos são sódio e potássio e como há muita variação em suas concentrações de acordo com o nível de impacto ambiental é interessante aproveitá-los como parâmetros de antropização para esses ambientes. Neste trabalho as concentrações de ambos os metais foram monitoradas durante o período de um ciclo hidrológico (jul/21 a jul/22) em pontos com diferentes características de pressão poluidora de uma bacia hidrográfica totalmente inserida em área urbana na cidade de Manaus-AM. O objetivo foi verificar se os íons sódio e potássio poderiam ser utilizados como indicadores de antropização em águas, e, para isso, foram selecionados dois pontos de coleta com características ambientais extremas. Os resultados evidenciam que as concentrações desses macronutrientes estão relacionadas ao nível do impacto a que esses ambientes estão submetidos, já que as concentrações médias foram estatisticamente diferentes nos dois ambientes avaliados. As concentrações médias de sódio no período seco foram de 1,2 mg. L⁻¹ a 31,87 mg. L⁻¹ e no período chuvoso de 2,83 mg. L⁻¹ a 27,07 mg. L⁻¹ e as concentrações médias de potássio no período seco foram de 0,3 mg. L⁻¹ a 6,66 mg. L⁻¹ e no período chuvoso de 0,76 mg. L⁻¹ e 5,69 mg. L⁻¹, nos pontos IFZL e FOZ e em ambos

os períodos, respectivamente. Esses dados indicam que ambos os macronutrientes podem ser utilizados como indicadores de antropização desses ambientes.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do Educandos, teste de t, Igarapé do Quarenta, IETÉ.

Abstract

Assessing surface water quality is challenging due to various anthropic environmental impacts. Considering the variation in the chemical composition of these waters becomes very useful. Two macronutrients in aquatic environments are sodium and potassium. As there is a lot of variation in their concentrations according to the level of environmental impact, it is interesting to take advantage of them as anthropisation parameters for these environments. In this work, the concentrations of both metals were monitored during a hydrological cycle (Jul/21 to Jul/22) in points with different characteristics of polluting pressure of a hydrographic basin inserted in an urban area in Manaus-AM. The objective was to verify whether sodium and potassium ions could be used as indicators of water anthropisation. For that, two collection points with extreme environmental characteristics were selected. The results show that the concentrations of these macronutrients are related to the level of impact to which these environments are subjected since the average concentrations were statistically different in the two evaluated environments. Mean sodium concentrations in the dry period were 1.2 mg. L⁻¹ at 31.87 mg. L⁻¹ and in the rainy season 2.83 mg. L⁻¹ at 27.07 mg. L⁻¹ and the mean potassium concentrations in the dry period were 0.3 mg. L⁻¹ at 6.66 mg. L⁻¹ and in the rainy season and 0.76 mg. L⁻¹ and 5.69 mg. L⁻¹, at the points IFZL and FOZ, respectively, also in both periods. These data indicate that both macronutrients can be used as indicators of the anthropisation of these environments.

Keywords: Students' water basin, t-test, Igarapé do Quarenta, IETÉ.

1. INTRODUÇÃO

Como uma cidade entrecortada por inúmeros igarapés, crescimento populacional, infra estrutural desordenada e sendo o centro de uma região metropolitana é esperado que Manaus apresente seus ambientes aquáticos em estado preocupante. A cidade apresenta 4 bacias hidrográficas sendo duas totalmente inseridas em sua área urbana (Lages *et al.*, 2021; Calvo, 2018; Melo *et al.*, 2005). Nesses ambientes aquáticos fluviais os metais sódio e potássio são considerados macronutrientes que estão geralmente em concentrações na faixa de miligramas por litro (Esteves, 2011), sendo essa variação bastante sensível se o ambiente estiver sob pressão antrópica de origens doméstica, industrial e/ou agrícola além de outros fatores como a geologia do local já que esses metais têm uma importante origem no intemperismo químico.

A cidade de Manaus está localizada sobre a formação geológica Alter do chão que é caracterizada pela pobreza de íons e por ser um terreno muito intemperizado. Essas condições fazem com que o solo dessa região seja pobre quimicamente. Tal fato se

reflete nos corpos de água que cruzam esses terrenos (Lages *et al.*, 2021), e, como a cidade localiza-se na Amazônia Central, onde são comuns ambientes aquáticos de águas pretas, como o Rio Negro e seus tributários, essas águas são provenientes de áreas cuja geologias se caracterizam por sedimentos terciários de material oriundo dos escudos cambrianos altamente lixiviados e geoquimicamente muito pobres. Por isso, a diferença de composição iônica em relação às águas brancas da mesma região, que possuem outra origem geológica (Esteves, 2011).

Na bacia amazônica inúmeros rios possuem características químicas diferentes das águas de outras regiões do Brasil. Isso se deve a múltiplos fatores: geologia, geomorfologia, clima e diferentes tipos de vegetação presentes no entorno dos rios e igarapés. Na Amazônia comumente se chama *igarapés* a pequenos cursos de água (igarapé = *caminho de canoa*, do tupi). A resolução CONAMA 357/05 (Brasil, 2005) e suas atualizações, utilizada para enquadramento de águas superficiais no Brasil, tem-se mostrado inadequada para classificação de águas amazônicas devido as suas características muito peculiares. Sioli (1951) classificou as águas amazônicas em águas brancas, águas claras e águas pretas. A maioria dos rios de águas pretas, cujo rio Negro é o mais conhecido, nasce nos escudos das Guianas onde o processo de erosão é reduzido pela intensa vegetação, o que acaba dificultando o carreamento de sedimentos do solo. A coloração escura se dá pela presença de materiais húmicos e fúlvicos e devido a essas condições trata-se geralmente de águas com pH ácido e baixa condutividade elétrica devido à baixa carga iônica, são essas características que vão dominar as águas superficiais da cidade de Manaus (Horbe; Oliveira, 2008; Santos *et al.*, 1984).

As águas que drenam áreas periféricas de Manaus têm concentrações de íons sódio e potássio maiores quando comparados com os rios comuns na Amazônia Central, como o citado Rio Negro e igarapés da floresta (Esteves, 2011). Como se sabe, estes ambientes aquáticos são importantes não somente para a manutenção da vida animal e vegetal, mas também para uso humano em diversas atividades. Na área urbana de Manaus os igarapés apresentam nível de poluição alarmante e servem como depósito de águas residuárias. Nesse contexto, diversos parâmetros químicos/físico-químicos podem ser utilizados para monitorar o grau de antropização desses ambientes e os íons sódio e potássio se destacam pela facilidade das suas quantificações e determinações, sendo acessíveis até mesmo para laboratórios de pequeno porte. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar os íons sódio e potássio como indicadores de antropização em águas superficiais na região de Manaus, centro do polo industrial da Amazônia brasileira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O clima da cidade é do tipo “Afi”, quente e úmido, segundo a classificação de Köppen. Segundo essa classificação, a zona climática “A” corresponde a clima tropical, praticamente sem inverno e com temperatura média para o mês mais frio sempre superior a 18° C, o tipo climático “f” indica a ocorrência de chuvas durante o ano, com precipitação superior a 60 mm no mês mais seco, que em Manaus corresponde a setembro e a variedade climática “i” (de isoterminia) mostra que não há grande diferenciação entre verão e inverno, com variações anuais de temperatura média que não atingem a 5° C (Lages *et al.*, 2021). Os índices pluviométricos totais médios mensais são superiores a 150 mm entre outubro e junho com temperaturas médias acima de 25°C em todos os meses do ano e intensidade de chuvas de novembro a abril e estiagem de junho a outubro (Nogueira, 2015; Marques; Filho *et al.*, 2005).

Foram considerados dois pontos de coleta, chamados de IFZL e FOZ, pertencentes a bacia hidrográfica do Educandos na região urbana de Manaus (Figura 1). Ambos os pontos fazem parte do igarapé do Quarenta, importante corpo de água que cruza o polo industrial de Manaus. O ponto IFZL é caracterizado como uma área de nascente, ainda preservada e FOZ já está sob descarga de efluentes domésticos e industriais há pelo menos três décadas (Lages *et al.*, 2021). As amostras de águas superficiais foram coletadas de julho de 2021 a julho de 2022, quinzenalmente, obtendo-se um total de 26 amostragens. As coletas foram feitas à superfície (até 15 cm de profundidade) com auxílio de garrafa coletora de polietileno previamente lavada e identificada, sendo então cuidadosamente manuseada para evitar contaminação, e em seguida levadas para o Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA para análises. As variáveis pH, condutividade elétrica e temperatura da água foram verificadas *in loco* por métodos eletroquímicos e termômetro digital e as concentrações de sódio e potássio foram determinadas por fotometria de chama, conforme APHA, 2012 e Golterman *et al.*, 1978. Os pontos de coleta monitorados nesse estudo fazem parte de um projeto de monitoramento ambiental chamado IETÉ, inserido na Bacia Hidrográfica do Educandos – BHE.

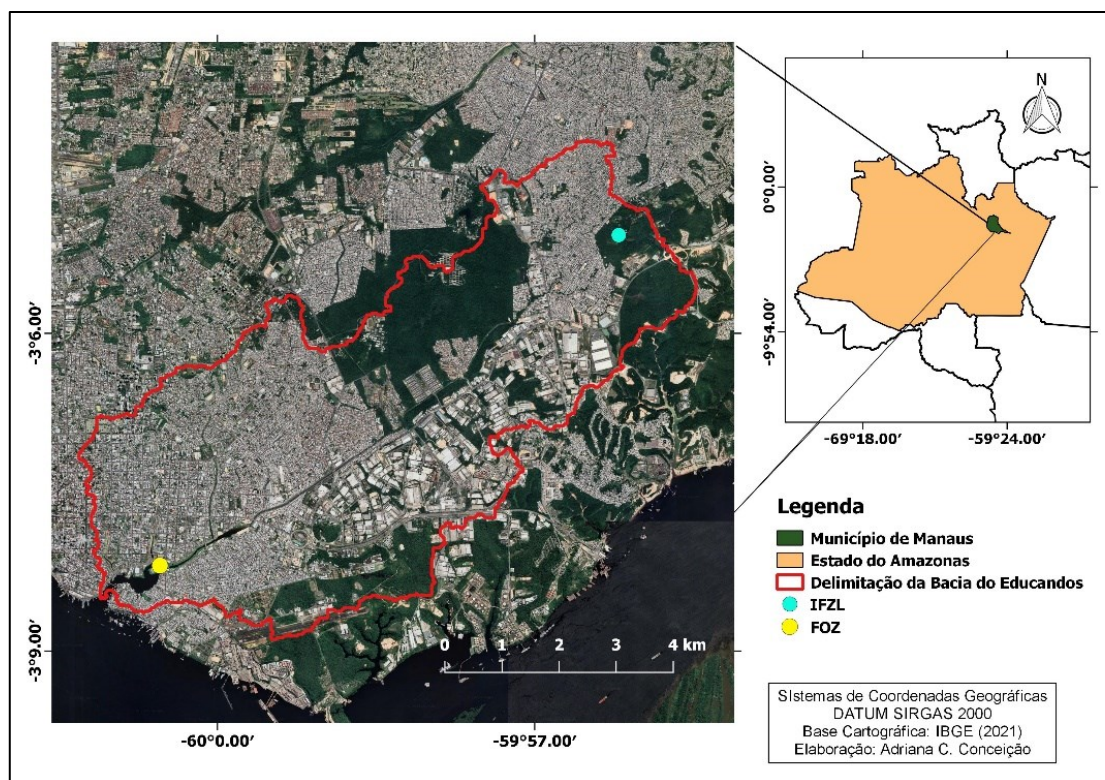


Figura 1 – Pontos de coleta monitorados na Bacia Hidrográfica do Educandos: IFZL e FOZ.

Para comparar os dois grupos de dados (da nascente IFZL e da FOZ do igarapé do Quarenta), foi aplicado o teste de t para um intervalo de confiança de 95%, com o intuito de comparar as médias entre os dois grupos independentes de amostras (Vieira, 2008). A estatística descritiva para esse teste foi elaborada no pacote estatístico R - versão 4,01.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros físico-químicos e químicos

Os dados de precipitação no período das coletas e análises (julho/21 a julho/22) estão dispostos na Figura 2. O comportamento da precipitação costuma ser relativamente regular no decorrer dos anos. Contudo, é possível identificar que os maiores volumes de precipitação ocorrem entre os meses de novembro a abril, conforme aponta literatura (D'Ávila Júnior; Vieira, 2019). Os meses mais secos em Manaus se dão entre os meses de julho a setembro, o que contribui de forma decisiva para a diluição ou concentração dos íons nos corpos de água da região.

Pelos dados de precipitação disponibilizados pelo projeto IETÉ nota-se que julho/22 foi o mês de maior estiagem na Bacia Hidrográfica do Educandos - BHE, enquanto o mês de abril/22 foi o mais chuvoso, o que representa a tendência histórica. As concentrações

médias mensais dos macronutrientes sódio e potássio estão dispostos na tabela 1. Relacionando os dados de precipitação com as concentrações médias de sódio (Ponto IFZL) nos três primeiros meses do período seco (jul/21-set/21) nota-se que são próximas e consideradas baixas (cerca de 1 mg. L^{-1}). Com o advento do período chuvoso a partir de out/21 as concentrações médias apresentam um salto e mantêm-se nesse patamar até fev/22 indicando que as águas pluviais são importantes fontes desses macronutrientes já que além do aporte em si ainda colaboram no carregamento de nutrientes do solo para as águas superficiais (Figura 3).

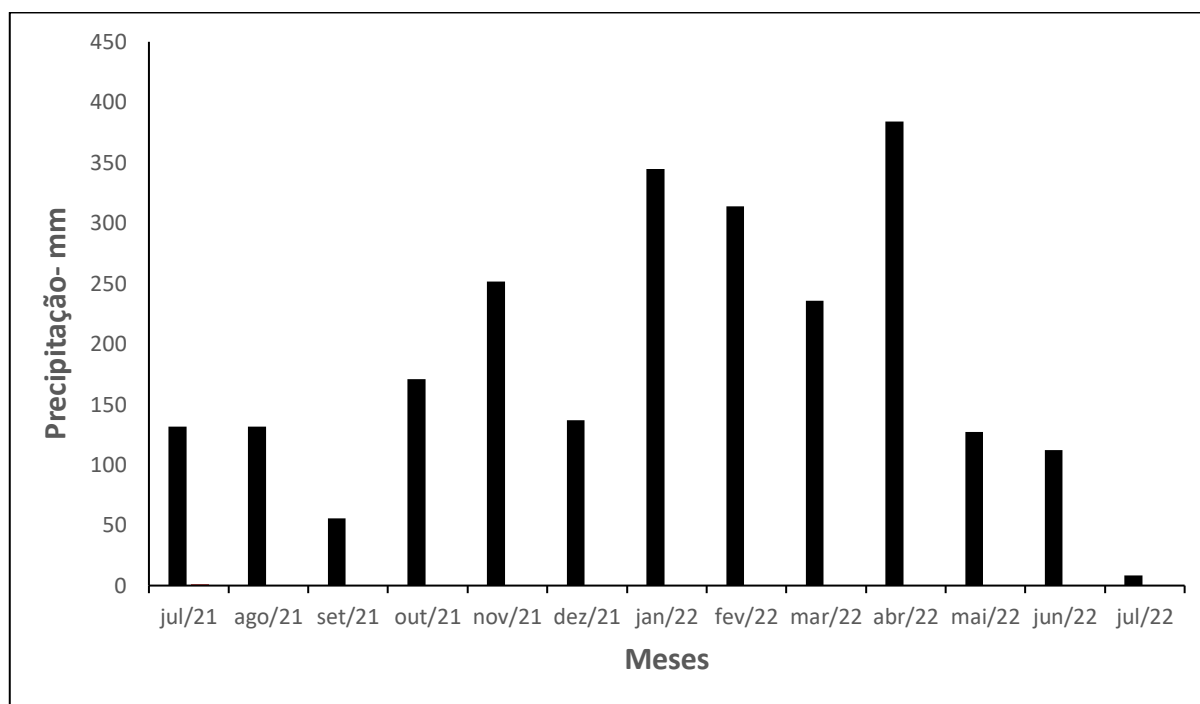


Figura 2 – Dados de precipitação do período janeiro/21 a agosto/22.

Fonte: Projeto IETÉ/INPA).

Os valores presentes na tabela 1 denotam o quanto o ponto FOZ destoa do ponto da nascente IFZL. Os valores de sódio, por exemplo, em FOZ, foram quase 25 vezes maiores que os observados na nascente. Do mesmo modo, os valores de potássio em FOZ se apresentaram quase 5 vezes maiores que os dados vistos em IFZL. Esses resultados sugerem a influência de esgotos não tratados despejados no igarapé do quarenta em Manaus.

Entretanto, as chuvas exercem uma função muito interessante no ecossistema amazônico, contribuindo com alguns íons (Nogueira, 2015). E isso se verifica ao longo do ciclo hidrológico, onde esses elementos apresentaram incremento no período de maior

pluviosidade. Um exemplo é o íon sódio que apresentou as maiores concentrações no período de maior precipitação (Figura 3).

Tabela 1: Valores médios de sódio e potássio, com o desvio padrão, SD, e o coeficiente de variação, CV, para os locais estudados.

	Temperatura (°C)			pH			CE (µS cm ⁻¹)			Na (mg L ⁻¹)			K (mg L ⁻¹)		
	Média	SD	CV	Média	SD	CV	Média	SD	CV	Média	SD	CV	Média	SD	CV
IFZL	26,5	0,9	3,38	5,61	0,67	11,94	11,8	4,6	38,82	1,04	0,21	19,85	0,12	0,02	21,9
FOZ	29,5	0,83	2,83	7	0,18	2,54	343,8	27,61	8,03	25,42	4,71	18,54	5,24	0,93	17,76

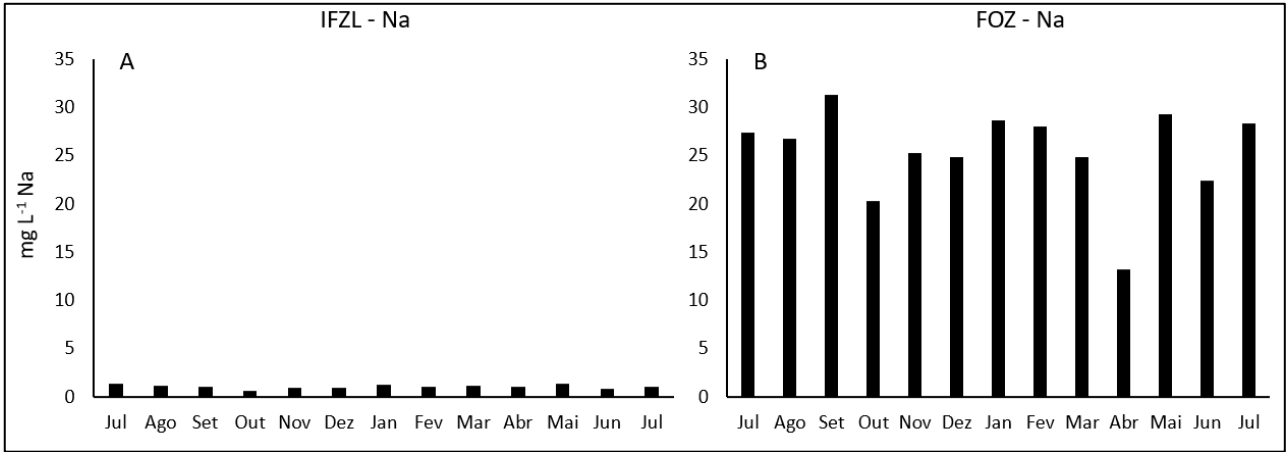


Figura 3 - Comportamento do íon sódio nos pontos monitorados durante um ciclo hidrológico (jul-2021 a jul-2022).

O ponto FOZ apresentou valores de sódio quase vinte cinco vezes maiores que o ponto caracterizado como nascente, enquanto os valores de potássio foram pelo menos cinco vezes mais altos (Figura 4).

Os valores de médias de temperatura no ponto IFZL, em todos os meses, menores do que no ponto FOZ, sugerem a importância da mata ciliar para esses ambientes (Tabela 1). O Ponto IFZL, apesar de fazer parte de uma área com acesso frequente de pessoas, por estar na área de uma instituição de ensino, é uma área em franca recuperação. O ponto FOZ não apresenta mata ciliar e já está totalmente degradado. Claramente as concentrações dos íons Na⁺ e K⁺ dependem do nível de antropização do igarapé, já que efluentes domésticos e industriais são ricas fontes desses íons.

Com relação ao íon potássio, no ponto IFZL, as concentrações médias apresentaram um comportamento relativamente regular no decorrer dos meses de monitoramento, com destaque crescente nos meses de dez/21 a fev/22 (período chuvoso) indicando que as chuvas têm função semelhante ao verificado para as concentrações de sódio (Figura 4). No ponto FOZ as contribuições antrópicas desses metais são muito

superiores às fontes naturais, pelos motivos já expostos (descarte contínuo de efluentes domésticos e industriais) e as suas concentrações médias apresentaram um comportamento relativamente regular no decorrer do período analisado todo.

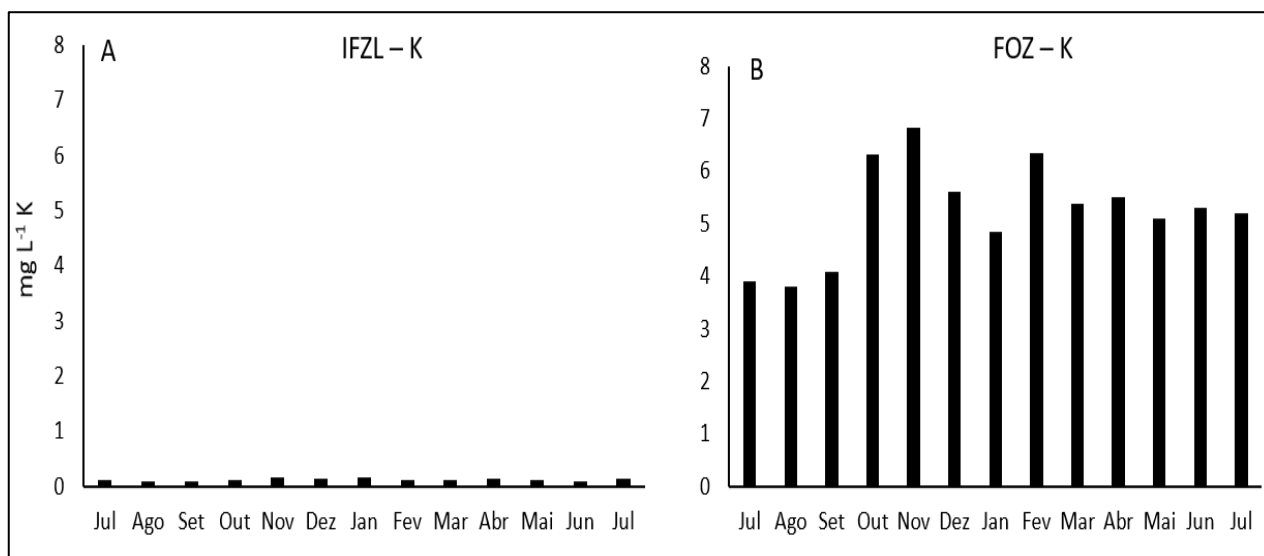


Figura 4 - Comportamento do íon potássio nos pontos monitorados durante um ciclo hidrológico (jul-2021 a jul-2022).

O pH e a condutividade elétrica apresentaram comportamentos semelhantes (Tabela 1). Os menores valores foram no ponto IFZL, indicando similaridades com os valores clássicos das águas pretas amazônicas (Bringel, 1986; Santos *et al.*, 1984). Entretanto, os altíssimos valores de condutividade elétrica verificados no ponto FOZ indicaram a alta carga iônica de procedência antrópica nesse local (Figura 5).

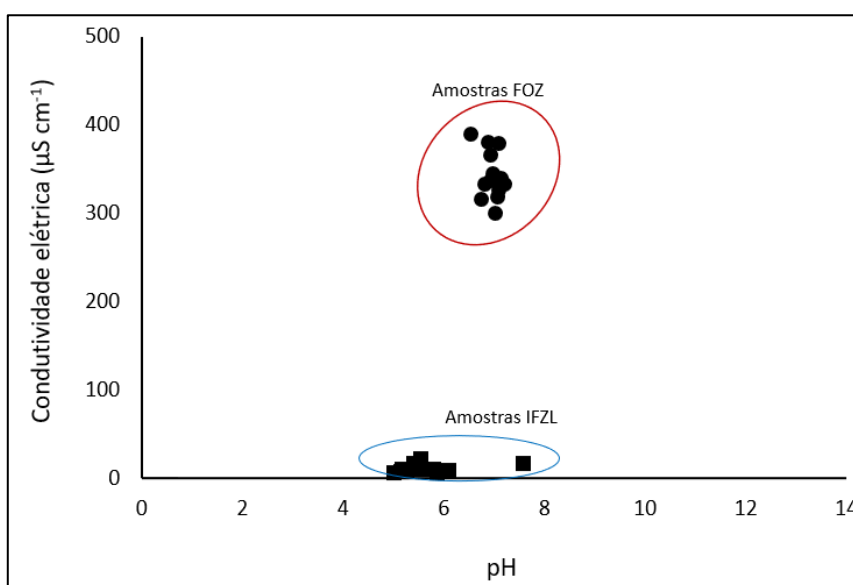


Figura 5 - Correlação entre pH e condutividade elétrica no IFZL e na FOZ durante um ciclo hidrológico – jul/2021-jul-2022.

Como se nota na figura 5, as amostras do IFZL ainda caracterizaram um ambiente preservado, enquanto o FOZ representa um ambiente sob forte influência antrópica. O IFZL apresentou águas ácidas e pouco condutivas, bem comuns para a região ao entorno de Manaus. O ponto FOZ apresentou médias de pH para águas alcalinas e valores de condutividade que excederam os $450 \mu\text{S cm}^{-1}$, pelo menos 20 vezes acima dos valores naturais da região.

Em todos os parâmetros analisados se verificou a discrepância entre os conjuntos de dados. Durante todo o período analisado, para ambos os metais, as médias das concentrações são muito superiores no ponto FOZ, ponto este já próximo do ponto de deságue no Rio Negro e que recebeu em todo o seu curso descarte *in natura* de toda natureza de efluentes domésticos e industriais. Em vários pontos das margens desse curso d'água, igarapé do quarenta, há moradias sem rede de coleta de esgoto e, por atravessar uma região de intensa atividade industrial, também recebe efluentes dessa natureza. Os resultados da ausência de gestão dos recursos hídricos na área de estudo ficam evidentes nas concentrações observadas dos macronutrientes investigados nesse ponto. Está claro que o ponto FOZ apresenta uma contribuição antrópica bastante relevante no aporte desses metais. Na tabela 2, a seguir, tem-se a faixa de concentrações de sódio e potássio em trabalhos desenvolvidos no ambiente amazônico e fora dele.

Nos trabalhos realizados no ambiente amazônico (Dourado *et al.*, 2016; Cunha e Ferreira, 2015; Ferreira *et al.*, 2012) vê-se que as concentrações dos macronutrientes são semelhantes até mesmo para os valores em pontos antropizados reforçando o entendimento de que a contribuição antrópica provoca saltos significativos nos valores de concentração dos macronutrientes. Cunha e Ferreira, 2015 trabalhando em uma reserva florestal verificaram valores máximos considerados altos, como $12,5 \text{ mg. L}^{-1}$ e $5,34 \text{ mg. L}^{-1}$, respectivamente, para sódio e potássio, provavelmente por tratar-se de pontos de coleta localizados em reservas florestais onde o carreamento promovido pelas águas pluviais tem maior impacto devido a fertilidade do solo e da floresta. E nos trabalhos realizados em outros ecossistemas brasileiros (Belotto *et al.*, 2020; Silveira *et al.*, 2014; Conceição *et al.*, 2015), como mata atlântica e cerrado, também mostraram a tendência de saltos significativos nas concentrações quando verifica-se os macronutrientes em ambientes preservados e não preservados. Valores de concentração de ambos os metais abaixo de 1 mg. L^{-1} em ambientes preservados (Belotto *et al.*, 2020) e concentrações de até 60 mg. L^{-1} (Na) e 10 mg. L^{-1} (K) em ambientes impactados (Conceição *et al.*, 2015).

Tabela 2: Trabalhos de monitoramento ambiental, para sódio e potássio, em diferentes ambientes fluviais – em miligramas por litro.

Ambiente amazônico				
Autores	Tipo de ambiente	Na (faixa observada)	K (faixa observada)	Observações
Mota <i>et al.</i> , 2024	Preservado/ impactado	0,6 – 31,32	0,08 – 6,33	Um ciclo hidrológico
Dourado <i>et al.</i> , 2016	preservado	*NI-1,11	NI - 0,38	período seco
Cunha e Ferreira, 2015	preservado e impactado	NI-12,5	NI – 5,34	floresta e área urbana
Ferreira <i>et al.</i> , 2012	efluentes domésticos	0,37–1,62 4,72–10,59	0,01 – 0,80 0,22 – 20,11	águas preservadas águas impactadas
Ambiente não amazônico				
Bellotto <i>et al.</i> , 2020	preservado	0,07-0,52	0,17-0,46	cerrado em Goiás
Silveira <i>et al.</i> , 2014	efluentes domésticos	0,83-18,71	0,21-5,23	mata Atlântica no Rio de Janeiro
Conceição <i>et al.</i> , 2015	efluentes agrícolas	3,54-59,84 4,11-15,33	1,42-3,82 3,10-9,74	águas preservadas águas impactadas

*NI – Não informada

3.2. Estatística aplicada: teste de *t*

Para comparar os dois grupos de dados independentes foi aplicado um teste *t* de student. Para os valores de concentrações de sódio o teste *t* apresentou o valor de 12,97 e para valores de concentração de potássio o valor de *t* é 12,20, ambos para nível de significância de 5%. Como os valores tabelados de *t* para ambos os grupos de dados é 2,18 rejeita-se a hipótese de que os grupos de dados são equivalentes e aceita-se a hipótese alternativa que os conjuntos de dados são significativamente diferentes (VIEIRA, 2008).

4. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que os macronutrientes sódio e potássio têm suas concentrações muito relacionadas ao nível de preservação e impacto ambiental de águas o que sugere que podem ser bons indicadores de antropização desses ambientes. Os resultados obtidos levam-nos às seguintes constatações:

- Há uma grande diferenciação quando se comparam as concentrações de sódio e potássio em águas preservadas e em águas receptoras de efluentes em Manaus, o que viabiliza seus usos como indicadores de antropização;
- A composição química das águas estudadas é fortemente influenciada pela sazonalidade, de acordo com as alterações do nível das águas, da temperatura do ar e outras ocorrências climáticas;
- O período chuvoso contribui com o aumento dos teores de sódio e potássio, enquanto no período de estiagem, nota-se uma diluição desses íons;
- O teste *t* demonstrou que os dois conjuntos de amostras utilizados nesse trabalho (IFZL - *nascente do Ifam* e FOZ - *foz do igarapé do Quarenta*) não são similares corroborando a função decisiva de fontes de poluição para altos níveis de concentração dos macronutrientes sódio e potássio em ambientes aquáticos.
- A cidade de Manaus necessita de políticas socioambientais que revitalizem seus inúmeros corpos de água que atravessam a cidade, assim como, a sociedade científica precisa compreender melhor o entendimento sobre a ciclagem de sódio e potássio em ambientes amazônicos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é resultado de projeto de PD&I realizado a partir da parceria INPA/SAMSUNG com recursos da Lei de Informática para a Zona Franca de Manaus (Lei no. 8.337/91) estando sua divulgação de acordo com o artigo 39 do decreto 10.521/2020. Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM pela oportunidade na qualificação científica, apoio logístico, material técnico e de consumo para o desenvolvimento das pesquisas.

REFERÊNCIAS

APHA. **American Public Health Association**. Standard methods of the examination of water and wastewater. Washington, 2012. 1496p.

BELLOTTO, V. R.; FERREIRA, V. H. C.; PERES JÚNIOR, J. B. R. Geoquímica de elementos traço em águas fluviais pristinas de uma região preservada do cerrado brasileiro – influência de processos hidrogeoquímicos e da geologia. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 57208-57219, 2020.

BRINGEL, S. R. B. **Estudos do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque Dez de Novembro**. Manaus: Universidade Tecnológica do Amazonas. 1986.

CALVO, B. D. R. **Avaliação da influência antrópica na drenagem do igarapé do quarenta e orla de Manaus**. 2018. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

BRASIL - CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº. 357, de 29 de agosto de. 2005.** Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcdaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf. Acesso em: 02 jan. 2023.

CONCEIÇÃO, F. T. *et al.* Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Geochimica Brasiliensis**, v. 29, n. 1, p. 23-34, 2015.

CUNHA, T.; FERREIRA, S. J. F. Avaliação de variáveis da qualidade da água de igarapés com origem em reserva florestal e sob diferentes usos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPA, 4, 2015. Manaus. **Anais...** Manaus: INPA, p. 1-4.

DOURADO, E.; MIRANDA, S. A. F.; SILVA, M. S. R. da. Comportamento dos íons nas águas da bacia do Puraquequara. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO INPA, 5., 2016, Manaus. **Anais...** Manaus: INPA, p. 1-5.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011. 790p.

FERREIRA, S. J. F. *et al.* Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 4, p. 533-540, 2012.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods Phisicaland Chemical Analysis of Fresh Water**. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1978. 213p.

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

D'AVILA JÚNIOR, J. C. M.; VIEIRA, A. F. S. G. Padrões pluviométricos da cidade de Manaus-AM: 1986 a 2015. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 102, p. 1–31, 2019.

LAGES, A. S. *et al.* Dynamics of heavy metals in the water of Igarapé do Quarenta: the water body that crosses the industrial hub in the brazilian amazon. **Open Science Journal**, v. 7, n. 2, p. 1-13, 2022.

LAGES, A. S.; SANTANA, G. P. Contaminação de aquífero no mundo por compostos nitrogenados – Problema global. **Scientia amazonia**, Manaus, v. 6, n. 1, p. 71-78, 2017.

LAGES, A. S. *et al.* Quimiometria aplicada à avaliação química do igarapé que cruza o polo industrial de Manaus/AM. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 10, p.328-338, 2021.

MARQUES FILHO, A.; DALLAROSA, R.; PACHÊCO, V. B. Radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta – Reserva Biológica de Cuieiras – ZF2, Manaus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 35, n. 4, p. 427-436, 2005.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas. **Caminhos de geografia**, v. 5, n. 16. p. 40-47, 2005.

NOGUEIRA, E. M. Caracterização hidromorfológica da Bacia do Igarapé do Educandos e a correlação com registros de ocorrência da Defesa civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 27. 2015. João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: 2015.

PINTO, A. G. N. *et al.* Efeitos da contribuição antrópica sobre as águas do Rio Negro, na cidade de Manaus, estado do Amazonas. **Caminhos de geografia**, v. 10, n. 29, p. 26-32. 2009.

SANTOS, U. M. *et al.* Rios da bacia amazônica. I. Afluentes do Rio Negro. **Acta Amazônica**, v. 14, p. 222-237. 1984.

SILVEIRA, C. S.; MADDOCK, J. E. L. Hidrogeoquímica de metais em água fluvial: fontes geológicas graníticas e gnáissicas – Bacia do rio Paquequer, Teresópolis, Rio de Janeiro. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 37, n. 2, p. 39-47, 2014.

SIOLI, H. Alguns resultados e problemas da limnologia Amazônia. **Boletim técnico Instituto agrônomo do Norte**, v. 24, 1951.

VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. Rio de Janeiro: Elsevier. 2008. 345p.

Recebido: 16.05.2023

Aceito: 08.04.2024