

Índice de qualidade de água (IQA) e balneabilidade em praias de água doce no rio Negro, Manaus (Amazonas)

Water quality index (WQI) and balneability in freshwater beaches on the Negro River, Manaus (Amazonas)

Arcos, Adriano Nobre; Cunha, Hillândia Brandão da

 **Adriano Nobre Arcos**
adriano.bionobre@gmail.com
INPA, Brasil

 **Hillândia Brandão da Cunha**
hillandia@gmail.com
INPA, Brasil

Revista Espinhaço
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil
ISSN-e: 2317-0611
Periodicidade: Semestral
vol. 11, núm. 1, 2022
revista.espinhaco@gmail.com

Recepção: 02 Agosto 2022
Aprovação: 12 Setembro 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/485/4852823009/>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7108333>



Este trabalho está sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0.

Resumo: Muitos ambientes aquáticos vêm sendo impactados pela urbanização e pela falta de saneamento, afetando diretamente na qualidade ambiental nessas áreas. Diante disso, o objetivo do estudo foi avaliar o índice da qualidade das águas (IQA) e a balneabilidade das praias do Tupé, Lua e Ponta Negra, localizadas no rio Negro em Manaus. As amostras foram coletadas em três praias nos dois períodos sazonais (cheia e seca) em 2008, processadas e analisadas. O IQA foi calculado pelo produtório ponderado do valor de qualidade de cada um dos nove parâmetros avaliados: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez, com seus respectivos pesos fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. A balneabilidade seguiu os padrões e critérios determinados pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente n° 274/2000, classificando como próprias e impróprias de acordo com a densidade de coliformes fecais presentes. As condições de balneabilidade para a praia do tupé e lua foram classificadas como próprias em ambos os períodos sazonais, e a ponta negra foi classificada como imprópria para o banho no período seco do rio Negro. O IQA das praias variou entre ótima e boa, apresentando um gradiente de diminuição da qualidade da água com a aproximação da cidade de Manaus. A população e os órgãos fiscalizadores devem ter conhecimento das condições de balneabilidade das águas dessas praias, a fim de serem tomadas medidas de combate à entrada de potenciais fontes poluidoras.

Palavras-chave: contaminação, potabilidade, recreação, recursos hídricos.

Abstract: Many aquatic environments have been impacted by urbanization and lack of sanitation, directly affecting the environmental quality of these environments. Therefore, the objective of the study was to evaluate the water quality index (WQI) and the bathing suitability of the tupé, lua, and ponta negra beaches, located in the Negro River in Manaus. Samples were collected from three beaches during the two seasonal periods (flood and dry) in 2008, processed, and analyzed. The WQI was

calculated by the weighted product of the quality value of each of the nine parameters evaluated: sample temperature, pH, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, thermotolerant coliforms, total nitrogen, total phosphorus, total residue, and turbidity, with their respective weights fixed according to their importance for the overall conformation of the water quality. The bathing conditions followed the standards and criteria determined by the National Environment Council Resolution, classifying the water as suitable and unsuitable according to the density of fecal coliforms present. The bathing conditions for tupé and lua beaches were classified as suitable in both seasonal periods, and ponta negra beach was classified as unsuitable for bathing in the dry period of the Negro River. The WQI of the beaches varied between excellent and good, presenting a gradient of decrease in water quality as the city of Manaus approached. The population and the inspection agencies should be aware of the bathing conditions of the waters of these beaches, so that measures can be taken to combat the entry of potential polluting sources.

Keywords: contamination, potability, recreation, water resources.

1. Introdução

A cidade de Manaus está localizada à margem esquerda do rio Negro, em região de floresta equatorial-tropical úmida, onde vários igarapés cortam a cidade e deságuam no rio Negro. A região possui dois períodos sazonais: um período com grande volume pluviométrico (cheia/enchente), com início em novembro e termina no mês de maio, e outro período com poucas chuvas (seca/vazante), de junho a outubro (Silva et al., 1999). Na região, estão localizadas as praias do Tupé, Lua e Ponta Negra, que recebem um grande número de banhistas ao longo do ano em busca de atividades de esporte e lazer (Arcos et al., 2016).

O rio Negro recebe águas provenientes das microbacias dos igarapés do Educandos, São Raimundo e Tarumã, que despejam seus tributários domésticos e industriais sem tratamento na orla de Manaus, ocasionando uma mudança das características naturais dessa região ao longo do tempo (Pinto et al., 2009). Os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo alterações através de vários impactos ambientais antrópicos. Muitos dos recursos hídricos como rios, córregos, lagos e reservatórios estão sendo fortemente impactados devido ao aumento desordenado de atividades antrópicas (McAllister et al., 1997).

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) utiliza o Índice de Qualidade das Águas (IQA), adaptado da National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, para mensurar e informar a qualidade de água do abastecimento público para a população em geral. Porém, este índice não substitui uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica. Os parâmetros de qualidade de água impostos ao IQA demonstram a contaminação dos corpos hídricos causada pelo lançamento de esgotos domésticos não tratados (CETESB, 2008).

A qualidade da água para fins de recreação de contato primário constitui a balneabilidade, que possui critérios objetivos para a sua avaliação. Esses critérios devem estar baseados em indicadores a serem monitorados e, seus valores,

confrontados com padrões pré-estabelecidos, para que se possam identificar as condições de balneabilidade em um determinado local como sendo favorável ou não favorável (CETESB, 2016).

Existem várias fontes de contaminação nos corpos d'água. De acordo com Braga et al. (2002), os principais grupos de compostos causadores da poluição são: metais pesados, organismos patogênicos, calor, nutrientes, radioatividade, poluentes orgânicos biodegradáveis e recalcitrantes. A qualidade natural da água é entendida como um agregado de características físicas, químicas e microbiológicas presentes no ambiente aquático (Coneza, 1997). Geralmente, a poluição das águas está associada com esgotos sanitários, águas residuárias industriais, precipitação de efluentes atmosféricos, lixiviação e percolação de fertilizantes e pesticidas e acondicionamento incorreto dos resíduos sólidos (Studart e Campos, 2001; Meybeck, 2004).

No Brasil, em geral, rios, reservatórios, praias e baías que estão localizadas próximas as áreas urbanas, encontram-se poluídos em decorrência do destino impróprio dado aos esgotos, utilizando córregos que passam por dentro das cidades para o despejo dos efluentes, ocasionando problemas sanitários e ambientais (Brasil, 2000). Com o aumento das fontes poluidoras, os sistemas ecológicos nativos são substituídos por uma ecologia urbana (Novotny e Olem, 1993).

Diante da problemática envolvida dos impactos ambientais nos recursos hídricos locais, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições de balneabilidade das praias de água doce e indicar potenciais contaminações por coliformes fecais e seus riscos para a saúde ambiental e pública. Além disso, buscando identificar alterações na qualidade da água para fins de abastecimento público, foi avaliado o Índice de Qualidade da Água (IQA), adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo em praias localizadas no rio Negro, nos dois períodos sazonais do Amazonas.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

As coletas de água foram realizadas em três praias na margem esquerda do rio Negro: praia do Tupé (S03° 04.635' e W060° 25.422'), praia da Lua (S03° 03.230' e W060° 13.874') e praia da Ponta Negra (S03° 06.485' e W060° 10.668') (Figura 1). Estas localidades são comumente frequentadas por moradores e turistas, devido a presença de longas extensões de praias de águas mornas, que possui fácil acesso aos banhistas por meio de barcos e lanchas que partem da cidade de Manaus.

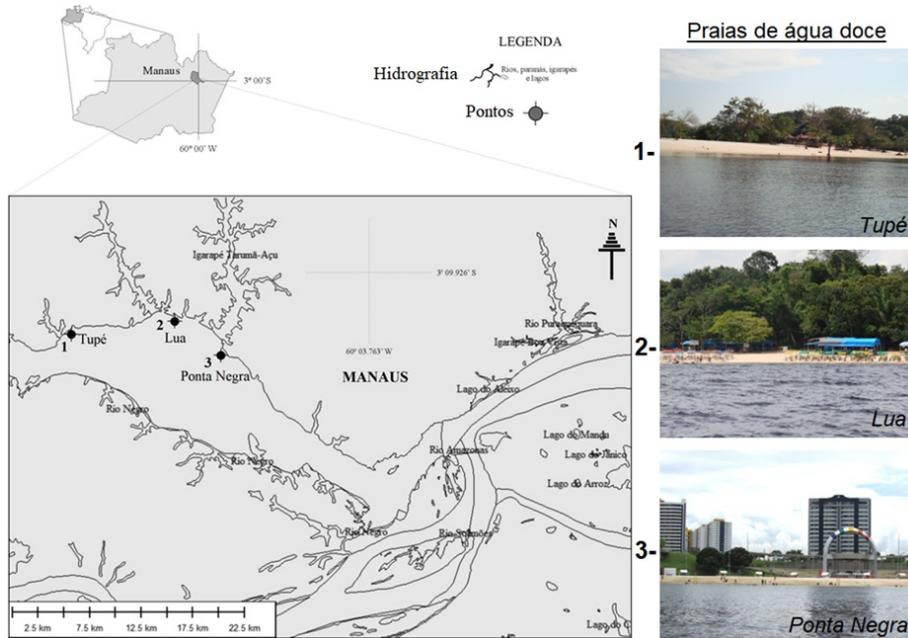


Figura 1. Distribuição das praias ao longo do rio Negro.
 Fonte: IBGE (2010), Autores.

2.2 Coleta e análises limnológicas

As coletas foram realizadas durante os meses de maio e junho (cheia), setembro e outubro (seca) de 2008, uma vez por semana, durante cinco semanas consecutivas, em conformidade com a resolução CONAMA nº 274. A coleta de água superficial foi realizada com frascos de vidro de 250 mL em cada ponto de coleta.

Foi utilizada a técnica dos Tubos Múltiplos que determina o Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Totais e Fecais presentes nas amostras, com o auxílio da tabela de Hoskins (1933), recomendado pelo CONAMA através da resolução nº 274/2000, fundamentada no Standard Methods for Water and Wastewater Examination (Apha, 1985), conforme Figura 2 e Tabela 1.

Esta técnica dos tubos múltiplos é constituída de dois testes: presuntivo (crescimento de bactérias do grupo coliforme) e confirmativo (crescimento de coliformes fecais), possuindo três procedimentos para verificação e contagem do grupo coliforme (1, 2 e 3). Ao final, os tubos positivos em cada série de diluição são contabilizados e os resultados são comparados com a tabela de Hoskins (Arcos et al., 2020).

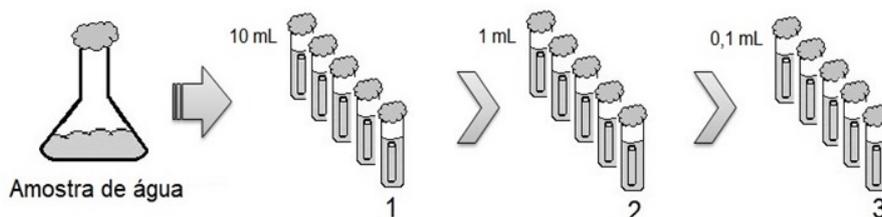


Figura 2. Esquema da técnica dos tubos múltiplos para crescimento de coliformes fecais em amostras de água.

Fonte: Arcos et al. (2020).

Tabela 1. Categoria de classificação para balneabilidade conforme resolução ambiental do Conama nº 274/2000.

	Categoria Padrão	Limites de coliforme fecal (*NMP/CF)
Próprio	Excelente	Máx. 250 coliformes fecais em 80% ou mais das amostras.
	Muito Bom	Máx. 500 coliformes fecais em 80% ou mais das amostras.
	Satisfatório	Máx. 1000 coliformes fecais em 80% ou mais das amostras.
Impróprio		Superior a 1000 coliformes fecais em 20% ou mais das amostras.

Fonte: Arcos e Cunha (2021).

*NMP (Número Mais Provável): é a estimativa da densidade de coliformes fecais em uma amostra contendo 100mL, calculado a partir da combinação de resultados positivos e negativos.

As análises físico-químicas e químicas estão descritas em Apha (1985). A Tabela 2 descreve os parâmetros e as metodologias utilizadas.

Tabela 2. Parâmetros utilizados e suas metodologias.

Parâmetros	Métodos
Temperatura	Termometria
Turbidez	Nefelométrico
Sólidos Totais em Suspensão	Gravimétrico
Potencial Hidrogeniônico - pH	Potenciometria
Oxigênio Dissolvido - OD	Potenciometria
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	Método de Winkler
Fósforo	Espectofotometria - FIA
Nitrato	Cromatografia de íons - DIONEX

Fonte: Elaboração própria.

O Índice de Qualidade da Água (IQA), padronizado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), foi utilizado como forma de avaliar o atual estado das águas desse sistema. Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade da água inicialmente propostos, nove foram considerados relevantes para avaliação, tendo como determinante principal sua utilização para abastecimento público: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fósforo, temperatura da água, turbidez

e sólidos totais. Para cada parâmetro foram traçadas curvas médias de variação de qualidade das águas em função de sua concentração conforme Tabela 3.

Tabela 3. Peso atribuído para cada parâmetro avaliado.

Parâmetros Avaliados	Peso - w_i
Oxigênio Dissolvido - OD % sat	0,17
Coliformes Fecais - NMP/100 mL	0,15
Potencial Hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO mg/L	0,10
Nitratos mg/L -1	0,10
Fosfatos mg/L -1	0,10
Variação de Temperatura °C	0,10
Turbidez - NTU	0,08
Sólidos Totais mg/L	0,08

Fonte: Elaboração própria.

O IQA em cada ponto foi calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes dos nove parâmetros citados, onde a seguinte formula foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do parâmetro i obtido através da curva media específica da qualidade;

w_i : peso atribuído a cada parâmetro, portanto:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Onde:

n : número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, foi determinada a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, em uma escala de 0 a 100, representado na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação da qualidade da água.

Categoria	Ponderação
Ótima	$80 < IQA \leq 100$
Boa	$52 < IQA \leq 79$
Regular	$37 < IQA \leq 51$
Ruim	$20 < IQA \leq 36$
Péssima	$0 \leq IQA \leq 19$

Fonte: Autores.

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental (LQA) da Coordenação de Dinâmica Ambiental (CODAM), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), de acordo com os protocolos padronizados no LQA e das técnicas especificadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1985).

O nível do rio Negro (cota em metros) foi retirado do banco de dados do Porto de Manaus (Porto de Manaus, 2022). Foi realizado um teste de normalidade e, em seguida, foi feita a análise Kruskal-Wallis para comparar a densidade de coliformes entre as praias e entre os períodos sazonais, com o nível de significância $p \leq 0,05$, com o uso do software Past versão 4.02 (Hammer et al., 2001).

3. Resultados e Discussão

A densidade de coliformes na praia do Tupé esteve abaixo 1.000 NMP de coliformes fecais durante as cinco semanas consecutivas de coleta, variando de 1 a 36 NMP/CF na cheia e de 1 a 230 NMP/CF na seca, com diferença significativa entre os períodos sazonais ($p=0,05$). Este resultado indica a praia na condição própria para o banho e contato primário durante o período seco e cheio do rio Negro. A praia da Lua apresentou diferença significativa entre os períodos sazonais ($p=0,04$), com alteração na densidade de coliformes fecais entre os períodos. Esta localidade apresentou maiores densidades no período seco (36 a 960 NMP/CF), e menores no período cheio (1 a 93 NMP/CF), sendo classificada como própria para o banho nos dois períodos amostrados (Figura 3).

A praia da Ponta Negra apresentou alta densidade de coliforme fecal no período seco, variando de 36 a 2300 NMP/CF. No período cheio, a densidade de coliforme fecal variou entre 1 a 430 NMP/CF. A mesma não apresentou diferença significativa entre os períodos sazonais ($p=0,11$). Entretanto, no período seco, a praia foi indicada como imprópria para o banho, pois ultrapassou 1000 NMP de coliformes fecais em 20% ou mais das amostras coletadas durante as cinco semanas consecutivas. Quando comparadas as três praias, foi identificada também a diferença significativa entre elas ($p=0,01$), conforme Figura 3.

O monitoramento em ambientes aquáticos continentais vem crescendo à medida que a urbanização aumenta, e com ela, o surgimento de problemas

ambientais, como por exemplo, a contaminação dos recursos hídricos por coliformes fecais e metais pesados (Tundisi, 2008; Souza e Gastaldini, 2014). Na região Amazônica, estudos com o uso de indicadores microbiológicos para fins de avaliação da balneabilidade estão sendo realizados, buscando identificar potenciais causas e efeitos. Além disso, esses estudos buscam classificar o corpo d'água como próprio ou impróprio para a recreação da população (Campos e Cunha, 2015; Arcos et al., 2016; Queiroz e Rubim, 2016; Arcos e Cunha, 2021; Falcão et al., 2021).

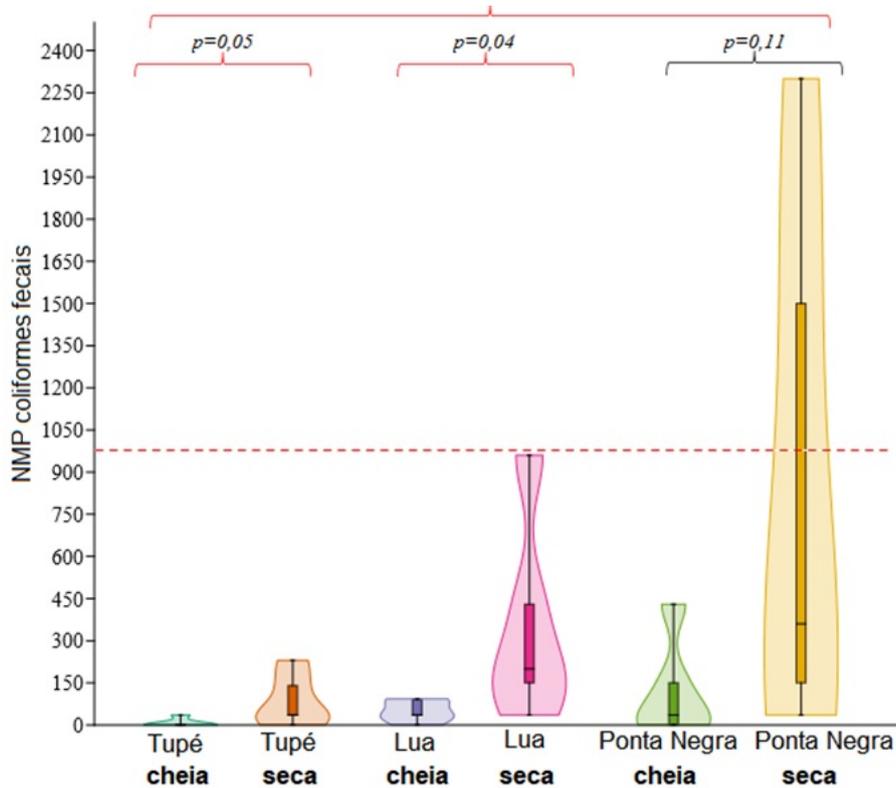


Figura 3. Densidade de coliformes fecais (NMP) presentes nas três praias durante as cinco semanas consecutivas no período cheio e seco no rio Negro, Amazonas. Linha vermelha tracejada indica o limite estipulado pela resolução Conama nº 274/2000 (1000 NMP coliformes fecais), e as chaves indicam o valor de p.

Fonte: Elaboração própria.

Quando comparamos as três principais praias do rio Negro (Tupé, Lua e Ponta Negra), identificamos uma relação entre a distância das praias com a cidade e a qualidade da água presente nelas. A praia do Tupé e da Lua são mais distantes da região de Manaus, apresentando a menor densidade de coliformes fecais em comparação com a Ponta Negra (Figura 3). Arcos et al. (2020), em um estudo realizado na praia do Tupé, identificaram que a qualidade da água está relacionada com os períodos sazonais na região e a presença de embarcações e banhistas no local de estudo. Além disso, segundo os autores, a mesma praia é indicada para a prática de esportes e lazer, com contato direto com a água para fins de recreação. Esta variação de coliformes entre os períodos sazonais também foi observada no presente estudo, uma vez que o período cheio do rio Negro proporciona uma melhora na qualidade das águas, tornando-a própria para o banho.

A região da orla da cidade de Manaus vem sendo impactada com a descarga de esgoto não tratado, ocasionando mudanças na qualidade da água, e podendo afetar a dinâmica química e biológica deste corpo d'água, a saúde dos organismos aquáticos e da população que dela depende (Lages et al., 2007; Pinto et al., 2009; Santos et al., 2016). Tal diagnóstico reflete a qualidade das águas da praia da Ponta Negra que, por ser o local mais frequentado em relação as demais praias e estar dentro da área urbana, se torna alvo de problemas ambientais referentes ao saneamento básico. Segundo Alves (2018), o desague de poluentes nos recursos hídricos contribuem para a deterioração do meio. Além disso, essas alterações antrópicas no meio levam ao empobrecimento biológico do ambiente (Piedade et al., 2014) e expõe a população às doenças de veiculação hídrica, principalmente os banhistas que frequentam esses ambientes.

A cota do rio Negro variou de 28 a 28,6 metros durante a cheia e, na seca, apresentou variação entre 19 a 23,3 metros, apontando maiores volumes de água no período cheio em comparação com o período de seca do rio Negro (Figura 4). O nível do rio Negro e o volume de água nele presente são importantes aspectos que influenciam diretamente outros parâmetros ambientais, e conseqüentemente, na qualidade da água. Para Pinto et al. (2009) e Falcão et al. (2021), o grande volume de água atua na diluição dos poluentes durante o período de cheia do rio, e este apontamento também foi constatado no presente estudo nas três praias do rio Negro.

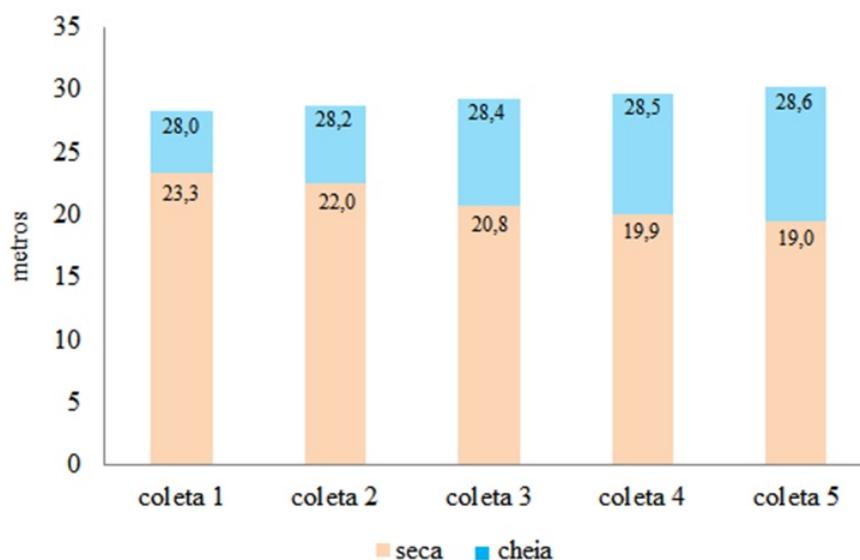


Figura 4. Nível do rio Negro nos dois períodos sazonais.

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos do IQA revelaram um gradiente de diminuição da qualidade da água com a aproximação da cidade de Manaus, e além disso, essa qualidade também muda nos períodos sazonais locais (cheia e seca). A praia do Tupé apresentou IQA de 83 durante a cheia, sendo classificada como ótima, e durante a seca teve uma queda nesse índice, com IQA de 74 e classificada como boa. O índice de qualidade da água na praia da Lua apresentou IQA de 80 na cheia, com classificação de ótima, e na seca apresentou IQA de 72, sendo classificada como boa. Por último, a praia da Ponta Negra no período

cheio teve seu IQA em 81 e, na seca, o IQA em 70, classificada em ótima e boa respectivamente (Tabela 5; Figura 5).

A utilização do IQA tem crescido em estudos de ambientes aquáticos continentais, devido sua aplicabilidade em transmitir informações sobre o grau de poluição de corpos hídricos utilizados pela população (Benetti e Bidone, 2001). A caracterização do IQA das praias estudadas nos fornece uma ideia sobre a qualidade da água para o abastecimento público, e comparando os resultados com a resolução Conama nº 357/2005, podemos classificar o corpo d'água e que tipo de tratamento é necessário para o mesmo.

Tabela 5. Classificação do IQA das praias do Tupé, Lua e Ponta Negra nos dois períodos sazonais da região.

Praias	IQA - Cheia	
Praia do Tupé	83	Ótima
Praia da Lua	80	Ótima
Praia da Ponta Negra	81	Ótima
Praias	IQA - Seca	
Praia do Tupé	74	Boa
Praia da Lua	72	Boa
Praia da Ponta Negra	70	Boa

Fonte: Autores.

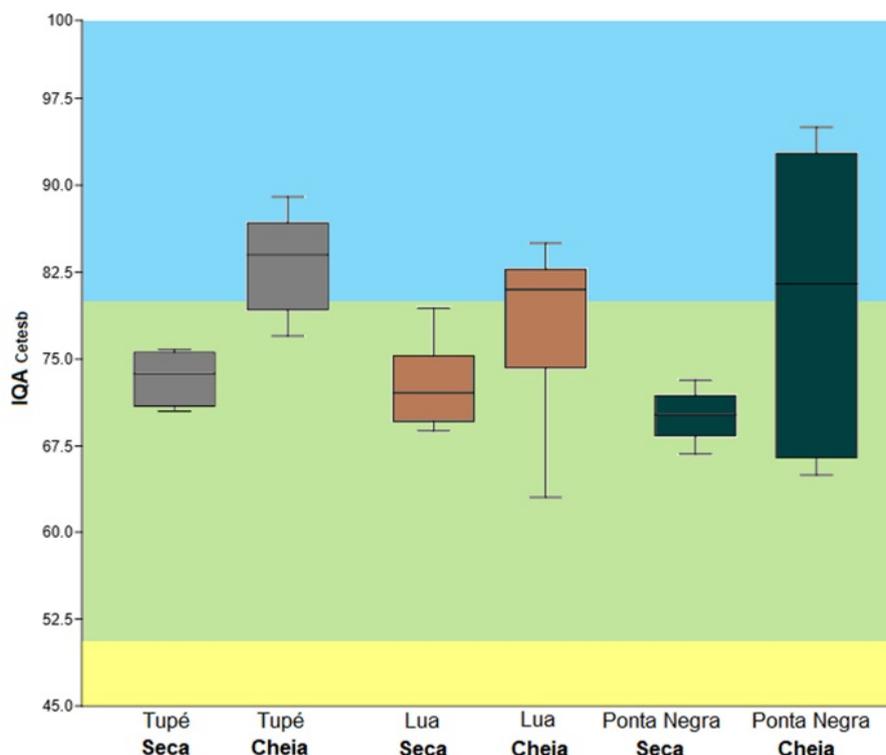


Figura 5. Boxplot do índice de qualidade da água (IQA) das três praias durante o período de seca e cheia do rio Negro, Manaus, Amazonas.

Fonte: Autores.

Apenas o IQA não é suficiente para caracterizar a qualidade da água. É necessário realizar outras análises que incluam, por exemplo, metais pesados e agrotóxicos. Esses parâmetros não entram no cálculo do IQA, embora possam interferir significativamente na qualidade de um rio, colocando em risco a saúde ambiental e pública (Arcos et al., 2009). A criação de índices de qualidade da água adaptados para região já vêm sendo desenvolvido no Amazonas, especificamente para o rio Negro. Em um dos estudos, ocorreu um ajuste na equação do índice de qualidade do parâmetro pH, cujo valor característico da região de águas pretas da Amazônia variaram entre 3,5 e 5,5 (Bolson et al., 2008). Este estudo apontou a classificação ótima para praias distantes da cidade, e boas para praias próximas de Manaus, corroborando com os índices encontrados neste estudo para as praias do Tupé, Lua e Ponta Negra, que confirmam a perda da qualidade da água com a proximidade da cidade.

Por outro lado, o uso do IQA adaptado por Bastos et al. (2016) mostrou resultados promissores ao longo da orla de Manaus. Os autores apontam, através desse IQA adaptado, que o rio não está suportando a entrada de resíduos sólidos e efluentes domésticos sem tratamento oriundos da cidade de Manaus, apresentando perdas nas suas características naturais ao longo da orla da cidade. O rio Negro possui o poder de autodepuração, possibilitando diluir os poluentes em grandes quantidades. Entretanto, com o aumento da entrada de esgoto não tratado no rio, esse sistema fica sobrecarregado e não consegue acompanhar a demanda, especialmente no período de seca do rio Negro. Segundo Palma-Silva et al. (2007), de modo geral, o fenômeno de autodepuração do rio auxilia na ciclagem e diluição dos nutrientes restabelecendo o equilíbrio do ambiente

aquático após perturbações antrópicas, contribuindo para a balneabilidade da região.

Devido à forte pressão da urbanização sobre os recursos hídricos, sistemas de monitoramentos ambientais são necessários para a averiguação, controle e potenciais soluções que possam ser gerados no ambiente. Além disso, estratégias que envolvam a recuperação e tratamento de áreas já alteradas são necessárias para a melhoria da saúde ambiental e pública. Para Guedes (2011), a visão de que a água é um bem abundante e inesgotável é equivocada, e pode estimular a ausência de medidas conservacionistas e o uso adequado dos recursos hídricos. Ademais, muitos estudos já apontam a contaminação baixas, moderadas e altas dos recursos hídricos no lençol freático, lagoas, igarapés e no próprio rio Negro na orla de Manaus (Costa et al., 2004; Arcos et al., 2018; Falcão et al., 2021; Souza Filho et al., 2020; Lages et al., 2022).

4. Conclusões

As praias do Tupé e Lua possuem condições de balneabilidade própria para o banho durante o ano todo, tanto na cheia quanto na seca, não apresentando riscos para a saúde e bem-estar dos banhistas. Entretanto, a praia da Ponta Negra apresentou valores elevados de coliformes fecais no período da seca do rio Negro, classificando-a como imprópria para o banho nesse período. No geral, a qualidade da água é moldada pela subida e descida das águas do rio Negro, que atuam como reguladores na diluição de potenciais contaminantes na água.

O índice de qualidade das águas nas três praias apresentou IQA ótimo e bom, com diminuição da qualidade da água no período seco. Além disso, à medida que as praias se aproximam da cidade, maior são os efeitos na qualidade da água e consequentemente, os valores de IQA diminuem, rebaixando sua classificação. A população e os órgãos fiscalizadores devem ter conhecimento das condições de balneabilidade das águas dessas praias, a fim de serem tomadas medidas de combate à entrada de potenciais fontes poluidoras, assim como cobrar dos órgãos responsáveis a criação de um sistema de monitoramento contínuo. A população em geral deve ser esclarecida quanto aos possíveis riscos à saúde na utilização dessas praias para a prática de recreação e de contato primário.

Agradecimentos

À equipe do laboratório de Química Ambiental – LQA/INPA por auxiliar nas análises e suporte nas coletas em campo, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida durante o período do estudo. Agradecemos também ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA pelo apoio na logística.

Referências

Alves, LS. 2018. Análise da Balneabilidade das Praias do Rio Vermelho em Salvador, Bahia: Paciência, Santana e Buracão. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 3, n. 1, p. 92-102.

- Apha - American Public Health Association, Awwa American Water Work Association, Wpcf Water Pollution Control Federation. 1985. Standart Methods of the Experimination of Water and Wasterwater. 14 ed. New York, p. 1268.
- Arcos, A. N., Cunha, H. B. 2021. Avaliação dos impactos da poluição nas águas superficiais de um afluente do rio Solimões na Amazônia Central Brasileira. *Caminhos da Geografia*, v. 22, n. 80, p. 01-14.
- Arcos, A. N., Amaral, A. C. L., Santos, M. A., Silva, C. M. A., Kochhann, D., Tadei, W. P. 2018. Water Quality of Urban Lakes in the Central-Southern Region of Manaus, Amazon. *Scientia Amazonia*, v. 7, n. 2, p. CAm1-CAm11.
- Arcos, A. N., Silva, J. S., Cunha, H. B. 2020. Grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade em praia de água doce no rio Negro, Amazonas. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 7, p. e238974015.
- Arcos, A.; Cunha, H. B.; Bringel, S. R. B. 2009. Condições da balneabilidade e avaliação do índice da qualidade de água de três praias do rio Negro, Manaus – AM. In: XVIII Jornada de Iniciação Científica do PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA (Anais), Manaus, p. 558-562.
- Arcos, N. A., Cunha, H. B., Silva, M. S. R. 2016. Avaliação do grupo coliforme fecal como indicador de balneabilidade de três praias do rio Negro, Manaus – AM. In: Ferreira, S. J. F., Silva. M. L., Pascoaloto, D. (Orgs.). *Amazônia das águas: Qualidade, Ecologia e Educação Ambiental*. Manaus: Valer, p. 69-89.
- Bastos, A. S., Silva, M. S. R., Miranda, S. A. F. 2016. Índices de Qualidade das Águas do Rio Negro da Orla de Manaus/AM. In: V Congresso de Iniciação do INPA-CONIC. (Anais), p. 145-151.
- Benetti, A., Bidone, F. 2001. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: Tucci, C.E.M. (Org). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: UFRGS, p. 489-876.
- Bolson, M. A., Cunha, H. B., Arcos, A. N., Silva, J. S., Plaskiewicz, A. C. 2008. Comparação do IQA (Índice de Qualidade da Água) Proposta pela CETESB ao IQAP modificado para as águas Pretas da Amazônia. In: Conferência Científica Internacional LBA, Geoma e PPBio.
- Braga, B.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. 2002. *Introdução À Engenharia Ambiental*. São Paulo; Prentice Hall. 305 P.
- Brasil. 2000. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução 274 de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras.
- Campos, J. S., Cunha, H. F. A. 2015. Análise comparativa de parâmetros de balneabilidade em Fazendinha, Macapá-AP. *Biota Amazônia*, v. 5, n. 4, p. 110-118.
- Cetesb - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. 2008. *Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Série Relatórios – Apêndice B: Índice de Qualidade das Águas, Critério de Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Indicador de Controle de Fontes*.
- Cetesb - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2016. *Relatório de qualidade das praias no estado de São Paulo*.
- Coneza, V. F. 1997. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid, España: Mundi-Prensa. 412p.
- Costa, A. M. R., Waichman, A., Santos, E. E. A. 2004. *Uso e qualidade da água subterrânea na cidade de Manaus. Águas Subterrâneas*, n. 1.
- Falcão, M. M. S, Arcos, A. N., da Costa, F. S. 2021. Avaliação da qualidade ambiental dos recursos hídricos ao longo do rio Preto da Eva no Amazonas, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 15.

- Guedes, J. A. 2011. Poluição de rios em áreas urbanas. *Ateliê Geográfico*, v. 5, n. 2, p. 212-226.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P. D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1-9.
- Hoskins, J. K. 1933. The most probable numbers of *Escherichia coli* in water analysis. *J. Am. Water Works Ass.*, v. 25, n. 6, p. 867-877.
- Lages A. S., Miranda S. A. F., Ferreira S. J. F., Albuquerque S. D., Cetauro A., Lopes A., Silva M. L. 2022. Dynamics of Heavy Metals in the Waters of Igarape do Quarenta: The Water Body that Crosses the Industrial Hub in the Brazilian Amazon. *Open Science Journal*, v. 7, n. 2, p. 1-13.
- Lages, A. D. S., Silva, M. S. R., Pinto, A. G. N. 2007. Avaliação da pressão poluidora sobre a hidroquímica do rio Negro, orla de Manaus. In: XVI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA (Anais), p. 429-430.
- Mcallister, D. E., Hamilton, A. L., Harvey, B. 1997. Global freshwater biodiversity: striving for the integrity of freshwater ecosystems. *Sea Wind*, v. 11, n. 3, p.1-142.
- Meybeck, M. 2004. The Global Change of continental aquatic systems: dominant impacts of human activities. *Water Science and Technology*, v. 49, n. 7, p. 73-83.
- Novotny, V., Olem, H. 1993. *Water Quality – Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Palma Silva, G. M., Tauk-Tornisielo, S. M., Pião, A. C. S. 2007. Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil. *Holos Environment*, v. 7, n. 2, p. 139-153.
- Piedade, M. T. F., Val, V.M.F.A., Lopes, A., Henrique, H. S., Fé, L. M. L., Wittmann, F. 2014. Organismos aquáticos e de áreas úmidas em uma Amazônia em transição. *Ciência e Cultura*, v. 66, n. 3, p. 34-40.
- Pinto, A. G. N., Horbe, A. M. C., Silva, M. D. S. R. D., Miranda, S. A. F., Pascoaloto, D., Santos, H. M. D. C. 2009. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. *Acta amazonica*, v. 39, p. 627-638.
- Porto de Manaus. 2020. Nível do rio Negro.
- Queiroz, C. P. S., Rubim, M. A. L. 2016. Avaliação da condição de balneabilidade na orla urbana de Manaus/AM/Brasil. *Scientia Amazonia*, v. 5, n. 2, p. 24-33.
- Santos, B. B., Cunha, H. B., Silva, M. S. R. 2016. Avaliação dos coliformes nas águas do rio Negro, balneários ao longo da orla de Manaus/AM. In: V Congresso de Iniciação Científica do INPA. (Anais), p. 215-218.
- Silva, M. S. R.; Ramos, J. P.; Pinto, A. G.N. 1999. Metais de transição nos sedimentos de igarapés de Manaus-AM. *Acta Limnologica Brasiliensis*, v. 11, p. 89-100.
- Souza Filho, E. A., Alves, S. B. D. S. M., Neves, R. K. R., Batista, I. H., de Albuquerque, C. C., Damasceno, S. B., Nascimento, D. A. 2020. Estudo comparativo de aspectos físico-químicos entre águas da microbacia do mindu e igarapés sob influência antrópica na cidade de Manaus-AM. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 2419-2433.
- Souza, M. M., Gastaldini, M. C. C. 2014. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 263-274.
- Studart, T., Campos, N. 2001. *Gestão das Águas. Princípios e práticas*. 2 ed. Porto Alegre. ABRH.
- Tundisi, J. G. 2008. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-16.

