

EVOLUÇÃO URBANA E POLUIÇÃO HÍDRICA: OS DESAFIOS AMBIENTAIS E SOCIAIS DA MACRODRENAGEM DE CANAIS EM BELÉM, PARÁ (ST-06)

Francisco Denis Pereira Chaves

UNAMA | Franciscodpchaves@gmail.com

Ana Shirley Freire Ramos Chaves

UNAMA | anashirleyfrchaves@gmail.com

Maria Lúcia Bahia Lopes

UNAMA | marialucia.bahia@unama.br

Mayra Herminia Simões Hamad Farias do Couto

UNAMA | mayrahamad@gmail.com

Marco Valério de Albuquerque Vinagre

UNAMA | valeriovinagre@gmail.com

Sessão Temática 06: Natureza, crise ambiental e mudanças climáticas

Resumo: A urbanização desordenada e os projetos de macrodrenagem em Belém, Pará, têm impactado significativamente a qualidade hídrica e a paisagem urbana dos canais. Este estudo utiliza uma abordagem visual comparativa para analisar as transformações nos canais antes e depois das intervenções, destacando suas consequências ambientais e sociais. O objetivo é analisar os impactos da macrodrenagem e da urbanização na qualidade hídrica dos canais urbanos de Belém, por meio de uma abordagem visual comparativa e análise laboratorial. A metodologia envolve a análise de imagens históricas e contemporâneas, e análise da água em dois pontos do canal Tucunduba e do canal Pirajá, permitindo identificar mudanças na vegetação, largura dos cursos d'água e presença de poluentes. Os resultados apontam para a perda de áreas verdes, aumento da impermeabilização do solo e intensificação da poluição hídrica. Conclui-se que as macrodrenagens, embora úteis para controle de enchentes, carecem de soluções baseadas na natureza. Recomenda-se a renaturalização dos rios, infraestrutura verde e tratamento de esgoto para mitigar impactos negativos.

Palavras-chave: Urbanização; qualidade hídrica; macrodrenagem; Amazônia; Belém.

IMPACTS OF MACRODENSITY AND URBANIZATION ON WATER QUALITY: A VISUAL APPROACH IN BELÉM, PARÁ

Abstract: Disorderly urbanization and macro-drainage projects in Belém, Pará, have significantly impacted the water quality and urban landscape of the canals. This study uses a comparative visual approach to analyze the transformations in the canals before and after the interventions, highlighting their environmental and social consequences. The aim is to analyse the impacts of macro-drainage and urbanization on the water quality of Belém's urban canals, using a comparative visual approach and laboratory analysis. The methodology involves the analysis of historical and contemporary images, and water analysis at two points in the Tucunduba canal and the Pirajá canal, enabling changes in vegetation, the width of the watercourses and the presence of pollutants to be identified. The results point to the loss of green areas, increased soil sealing and intensification of water pollution. The conclusion is that macro-drains, although useful for flood control, lack nature-based solutions. River renaturation, green infrastructure and sewage treatment are recommended to mitigate negative impacts.

Keywords: Urbanization; water quality; macrodrainage; Amazon; Belém.

IMPACTOS DE LA MACRODENSIDAD Y LA URBANIZACIÓN EN LA CALIDAD DEL ÁGUA: UN ENFOQUE VISUAL EN BELÉM, PARÁ

Resumen: La urbanización desordenada y los macroproyectos de drenaje en Belém, Pará, han tenido un impacto significativo en la calidad del agua y el paisaje urbano de los canales. Este estudio utiliza un enfoque visual comparativo para analizar las transformaciones en los canales antes y después de las intervenciones, destacando sus consecuencias ambientales y sociales. El objetivo es analizar los impactos del macrodrenaje y la urbanización en la calidad del agua de los canales urbanos de Belém, utilizando un enfoque visual comparativo y análisis de laboratorio. La metodología consiste en analizar imágenes históricas y contemporáneas y analizar el agua en dos puntos del canal de Tucunduba y del canal de Pirajá, lo que permite identificar los cambios en la vegetación, la anchura de los cursos de agua y la presencia de contaminantes. Los resultados apuntan a la pérdida de áreas verdes, al aumento del sellado del suelo y a la intensificación de la contaminación del agua. La conclusión es que los macrodrenajes, aunque útiles para controlar las inundaciones, carecen de soluciones basadas en la naturaleza. Se recomienda la renaturalización de los ríos, las infraestructuras verdes y el tratamiento de las aguas residuales para mitigar los efectos negativos.

Palabras clave: Urbanización; calidad del agua; macrodrenaje; Amazonia; Belém.

INTRODUÇÃO

Os rios urbanos da Amazônia são fundamentais para os ecossistemas regionais e para as comunidades locais, constituindo-se em elementos importantes para a dinâmica social, cultural e econômica da região (Capilé, 2015; Carbone et al., 2022).

A cidade amazônica de Belém no estado do Pará é uma cidade marcada pela abundância de canais naturais e artificiais, que desempenham um papel importante no escoamento das águas pluviais e no equilíbrio ambiental da região (Caldeira, 2020). No entanto, estes mesmos canais, testemunham o progresso desordenado da urbanização através de grandes projetos de desenvolvimento como a macrodrenagem e seus efeitos adversos na qualidade da água e na vida social das comunidades que residem nas proximidades (Sobrinho, Bordalo e Soares, 2022). Isso porque, a falta de planejamento adequado e o avanço desordenado da urbanização transformaram muitos desses canais em pontos críticos de poluição hídrica e degradação ambiental. Segundo Caldeira (2020), a expansão urbana sobre áreas alagáveis e a ausência de sistemas eficazes de saneamento básico têm comprometido a função natural dos canais, intensificando os problemas de enchentes e poluição. Esse contexto reforça a relevância de analisar a dinâmica dos canais de Belém como indicadores dos impactos ambientais e sociais da urbanização.

A evolução urbana ocorrida na cidade evidencia um modelo de ocupação que leva à impermeabilização do solo, à deterioração da vegetação ribeirinha e ao lançamento de esgoto doméstico diretamente nos canais, intensificando os problemas de contaminação da água e as condições de vida na metrópole (Gonçalves, 2020). Estes procedimentos destacam um paradoxo frequente na Amazônia: a abundância de recursos hídricos se opõe à ausência de políticas eficazes para a preservação ambiental e a administração do saneamento básico (Bordalo, 2021).

Embora haja um crescente debate sobre os impactos das intervenções antrópicas nos corpos hídricos da Amazônia, verifica-se uma lacuna significativa na aplicação de abordagens visuais que documentem e analisem as mudanças ambientais e sociais ao longo do tempo (Bordalo, 2021; Fernandes e Pires, 2019). Assim, estudos que integrem dados visuais históricos e contemporâneos são fundamentais para compreender a dinâmica dessas transformações e propor soluções mais sustentáveis para a gestão urbana.

A pergunta que norteia esta pesquisa: quais são as principais transformações na paisagem urbana e na qualidade hídrica dos canais após as intervenções de macrodrenagem?

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo principal analisar os impactos da macrodrenagem e da urbanização na qualidade hídrica dos canais urbanos de Belém, por meio de uma abordagem visual comparativa e análise laboratorial.

O artigo está estruturado em cinco seções: Nesta seção introdutória, é apresentado o contexto e a relevância do tema. Em seguida, detalha-se a revisão de literatura sobre urbanização e impactos hídricos na Amazônia. A terceira seção descreve a metodologia

adotada, com destaque para a análise visual comparativa. Na quarta, discutem-se os resultados à luz da literatura científica e de políticas públicas existentes. Por fim, são apresentadas as conclusões e recomendações práticas para a gestão ambiental e urbana sustentável em Belém.

REVISAO DE LITERATURA

1. URBANIZAÇÃO NA AMAZÔNIA: EXPANSÃO DESORDENADA, DESAFIOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

A urbanização na Amazônia tem sido marcada por um crescimento desordenado, impulsionado principalmente pela ocupação irregular do solo e pela ausência de planejamento urbano adequado (Cortes, D'Antona E Ojima, 2020). Em cidades como Belém, essa dinâmica resulta na expansão das áreas periféricas e na ocupação de espaços ambientalmente sensíveis, como margens de rios e áreas de várzea (Brito, 2022). A impermeabilização do solo, decorrente da expansão urbana, intensifica os riscos de enchentes e a degradação dos corpos d'água, ao mesmo tempo que aprofunda desigualdades sociais e prejudica o acesso a serviços básicos, como saneamento e água potável (Santos, 2018).

Rodrigues e Luz (2021) abordam ainda os desafios impostos pela urbanização, como a construção de prédios altos que não cumprem os regulamentos de uso da terra, complicando ainda mais a drenagem e o gerenciamento de inundações. Embora o bioma amazônico seja rico em recursos hídricos, a degradação ambiental e o despejo de esgoto residencial comprometem significativamente a qualidade da água e afetam as populações locais, especialmente as mais vulneráveis (Souza et al., 2022). Essa situação reflete a necessidade de políticas urbanas mais integradas e adaptadas às particularidades ecológicas e sociais da região.

2. MACRODRENAGEM E IMPACTOS EM RIOS URBANOS

De acordo com Caldeira (2020) a macrodrenagem é definida como sendo um sistema que coleta águas de chuvas nas áreas urbanas. O autor afirma que esse tipo de projeto emerge como uma solução técnica para conter enchentes, mas frequentemente ignoram as dinâmicas ambientais e sociais dos territórios impactados. Em Belém do Pará, por exemplo, o projeto de macrodrenagem na Bacia da Estrada Nova teve por objetivo enfrentar os desafios colocados pelas inundações urbanas e gestão da água (Pontes, 2015). No entanto equilibrar o desenvolvimento urbano e a sustentabilidade ambiental é um desafio, especialmente em cidades marcadas por desigualdades e falta de saneamento básico.

No estudo de Caldeira (2020), o autor destaca que o despejo de resíduos sólidos e esgoto doméstico no canal do Tucunduba, além da impermeabilização do solo agrava ainda mais os problemas das enchentes porque contribuem para o seu assoreamento.

Desse modo, a eficácia das obras de macrodrenagem, são constantemente comprometidas pela ausência de um planejamento integrado que contemple aspectos ambientais e sociais.

Estudos como os de Carbone et al. (2022) demonstram que a redução da largura dos cursos d'água e a perda de vegetação ciliar nesses projetos limitam a capacidade de autodepuração dos rios, agravando a poluição hídrica.

Além disso, de acordo com Rodrigues e Luz (2021), as questões ambientais decorrentes da insuficiência de sistemas de esgoto, levam à poluição dos corpos d'água e exacerbam o problema das inundações em Belém. Esse quadro reflete uma dinâmica observada em muitas cidades amazônicas: a água, embora abundante, torna-se inutilizável devido à contaminação antrópica. Pereira et al. (2021) sugerem que a combinação de projetos de saneamento com soluções baseadas na natureza, como biofiltros de retenção das cargas poluidoras, podem atenuar esses impactos.

Em Medellín, Colômbia, a criação de corredores ecológicos ao longo de rios canalizados reduziu significativamente a poluição hídrica e revitalizou áreas urbanas degradadas (Carbone et al., 2022). Tais iniciativas evidenciam o potencial de projetos integrados que conciliam controle de cheias, recuperação ambiental e melhoria da qualidade de vida.

Para Pontes (2015), a gestão eficaz de recursos hídricos na Amazônia requer uma abordagem participativa que envolva as comunidades locais. Em Belém, essa integração ainda é limitada, agravando as tensões entre urbanização e conservação ambiental.

Assim, a integração de soluções baseadas na natureza, aliada à implementação de políticas públicas eficazes e participativas, pode transformar os rios urbanos em ativos socioambientais. A renaturalização dos canais, o fortalecimento do saneamento básico e o engajamento comunitário são caminhos promissores para reconciliar urbanização e preservação na Amazônia.

3. CONEXÃO ENTRE POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE

As políticas públicas desempenham um papel central na mitigação dos impactos da urbanização e da degradação ambiental. No entanto, em muitos casos, as iniciativas não conseguem incorporar as particularidades regionais e as demandas das comunidades locais (Granjeiro, Ribeiro e Miranda, 2021). Experiências nacionais, como os projetos de renaturalização de rios em Curitiba, e internacionais, como a revitalização de cursos d'água em Medellín, evidenciam a importância de soluções integradas que combinam infraestrutura verde, educação ambiental e engajamento comunitário (Carbone et al., 2022).

Deste modo, também em Belém, a implementação de sistemas de saneamento mais eficientes e a promoção de projetos baseados na recuperação ecológica dos rios urbanos são fundamentais para garantir a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida das populações.

METODOLOGIA

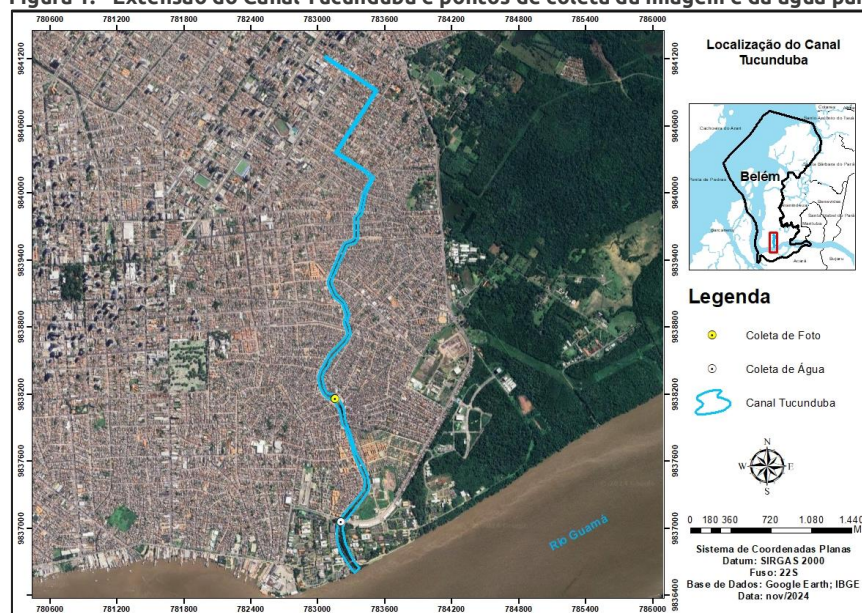
Este estudo utilizou uma metodologia mista, integrando análises qualitativas e quantitativas, para investigar os impactos da urbanização e da macrodrenagem na qualidade hídrica dos canais Tucunduba e Pirajá, em Belém. A abordagem qualitativa baseou-se em análises visuais de imagens históricas e contemporâneas, enquanto a quantitativa foi realizada por meio da análise laboratorial da qualidade da água. O uso de abordagens visuais em estudos ambientais tem ganhado relevância como uma ferramenta poderosa para documentar e interpretar transformações socioambientais ao longo do tempo (Carbone et al., 2022). Fotografias históricas e contemporâneas permitem identificar mudanças na cobertura vegetal, na qualidade da água e na ocupação do solo, fornecendo uma base empírica para análises comparativas (Canabarro, 2021).

Nesta investigação, o procedimento foi estruturado em etapas interdependentes, conforme descrito a seguir.

1. DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O canal Tucunduba (figura 1) e o canal Pirajá (figura 2), localizados em Belém, foram selecionados como objeto de estudo devido à sua relevância histórica e socioambiental. Ambos representam exemplos emblemáticos de intervenções urbanísticas associadas à macrodrenagem e estão inseridos em áreas de alta densidade populacional, onde o impacto da urbanização desordenada é evidente. Esses canais refletem a interação direta entre o desenvolvimento urbano, a degradação ambiental e os desafios de gestão hídrica, justificando sua escolha como foco da análise.

Figura 1: - Extensão do Canal Tucunduba e pontos de coleta da imagem e da água para análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2: - Extensão do canal da Pirajá e pontos de coleta da foto e da água para análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

2. ABORDAGEM QUALITATIVA: ANÁLISE VISUAL

A análise visual foi conduzida com base em imagens históricas e contemporâneas:

2.1 Coleta de Imagens Históricas: Foram selecionadas imagens históricas referentes aos períodos anteriores ao projeto de macrodrenagem disponíveis em bases de dados de domínio público e acesso aberto (década de 1970 a 1999). Os critérios de seleção incluíram qualidade da resolução, representatividade geográfica e validação com referências históricas.

2.2 Captura de Imagens Contemporâneas: As imagens atuais foram coletadas em campo e complementadas por georreferenciamento para assegurar a cobertura dos pontos estudados. O georreferenciamento das fotos foi realizado no software QGIS 3.22, possibilitando a localização precisa do objeto de estudo e o ponto de coleta da foto.

2.3 Dimensões Avaliadas: A análise visual focou em:

Cobertura Vegetal: Identificação de áreas de perda ou alteração.

Ocupação Urbana: Mudanças na densidade populacional e tipo de construções.

Indícios Visuais de Poluição: Observação de resíduos sólidos e características da água, como turvação.

3. ABORDAGEM QUANTITATIVA: ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para correlacionar os dados visuais com parâmetros objetivos de qualidade da água, foi conduzida a coleta e análise laboratorial em dois pontos estratégicos:

3.1 Pontos de Coleta:

Canal Pirajá: Localizado na Av. Dr. Freitas, próximo a áreas verdes preservadas.

Canal Tucunduba: Situado na Av. Perimetral, nas proximidades da Universidade Federal do Pará.

3.2 Procedimentos de Coleta:

As coletas foram realizadas em 19/11/2024:

Primeira Coleta: Às 7h28 no Canal Pirajá.

Segunda Coleta: Às 8h20 no Canal Tucunduba.

O material utilizado (frascos estéreis, transparentes, com capacidade de 100 ml, descartáveis e lacrados) foi fornecido pelo laboratório. As amostras foram coletadas diretamente de cada ponto indicado, utilizando luvas descartáveis. Após a coleta, os frascos foram identificados com data, hora e local e armazenados em caixas térmicas de isopor. Posteriormente procedeu-se a entrega destas amostras no laboratório no mesmo dia, às 9h30.

3.3 Análises Realizadas:

Foram analisados os parâmetros de coliformes totais e termotolerantes por 100 ml, utilizando o método SMWW, 24^a edição (Método 9221 B e C). Os resultados foram apresentados em tabelas para facilitar a interpretação. A análise focou em três dimensões principais:

4. GEORREFERENCIAMENTO DOS DADOS

Todas as imagens e pontos de coleta foram georreferenciados, permitindo integrar as análises visuais e laboratoriais. A utilização do QGIS assegurou a compatibilidade espacial entre os diferentes conjuntos de dados, facilitando futuras replicações e análises comparativas.

5. INTEGRAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Os dados qualitativos e quantitativos foram triangulados para compreender as interrelações entre a urbanização desordenada, a perda de vegetação ciliar e a qualidade da água nos canais estudados. Os resultados das análises visuais foram comparados com os dados laboratoriais, demonstrando a severa contaminação por coliformes e os impactos das alterações no uso e ocupação do solo. Foram realizados pesquisa laboratorial sobre a presença de coliformes totais e termotolerantes em dois pontos dos canais para complementar as análises visuais. As análises foram transcritas em tabelas para auxiliar a interpretação com auxílio do software EXCEL.

RESULTADOS

REPRESENTAÇÕES VISUAIS

As figuras a seguir ilustram momentos específicos do Canal Tucunduba e do Canal Pirajá, evidenciando as mudanças drásticas causadas pela urbanização e falta de planejamento ambiental.

Figura 1: - Canal Tucunduba em 1997



Fonte: Grupo Nostalgia Belém (oficial). Disponível em: https://www.facebook.com/groups/nostalgiabelem/posts/1969593849905948/?locale=hu_HU.

A Figura 1, mostra uma imagem de 1997 onde é possível perceber o rio (hoje canal), cercado por vegetação densa e com um ecossistema que atende às necessidades das comunidades locais. Muitos fazendo uso deste para sua subsistência, atividades comerciais e lazer que é claramente visível na imagem.

Figura 2: - Canal Tucunduba em 2024



Fonte: Os autores

Em contraste, a Figura 2, representa o mesmo canal no ano de 2017. O processo de macrodrenagem neste trecho ainda não está finalizado, mas é possível observar na imagem

que o processo de urbanização já modificou a margem esquerda do rio com a presença de estruturas que não estavam presentes na Figura 1. Apesar da margem direita não parecer ter sofrido muito impacto, é possível perceber a perda de áreas verdes e a mudança nas relações de uso do rio que recebe o esgoto doméstico sem nenhum tipo de tratamento. A água apresenta características físicas e odor típico de esgoto. Santos (2018), destaca que o crescimento urbano sem planejamento adequado intensifica a impermeabilização do solo e o despejo de esgotos, sobrecarregando os corpos d'água.

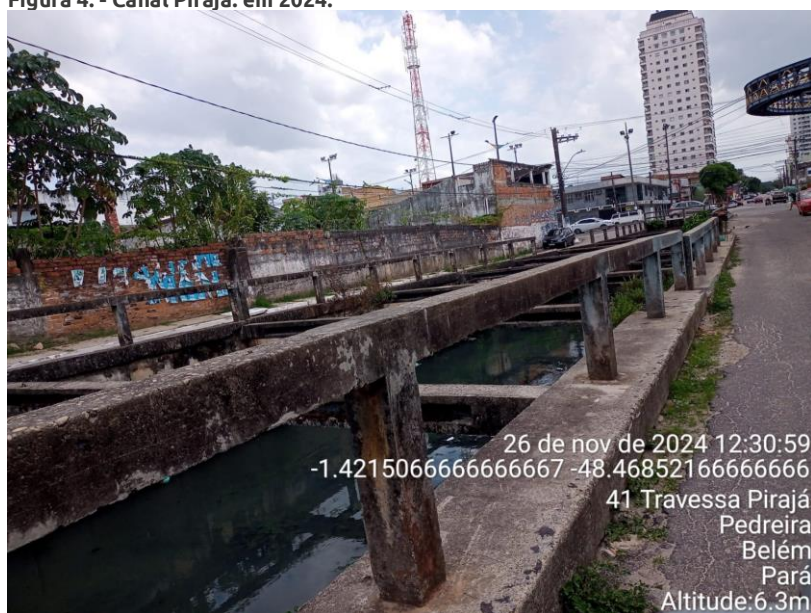
Figura 3: - Canal. em 1997.



Nota: Trecho: Travessa Pirajá próximo a Pedro Miranda, Bairro da Pedreira. Autor: Victor Nilo Jardim
Fonte: Grupo Nostalgia Belém (oficial). Disponível em: <https://pt-br.facebook.com/nostalgiabeleem/photos/%C3%B4nibus-jurunas-pedreira-via-pte-vargas-atolado-na-av-pedro-miranda-pr%C3%B3ximo-a-atu/1491347294320661>.

Na Figura 3, uma fotografia de 1995, mostra o Canal Pirajá com a Avenida Pedro Miranda. Na fotografia é possível perceber um curso d'água mais natural e livre de grandes intervenções urbanas. Relatos de moradores mais antigos do local indicam que nesta época haviam peixes e os moradores também se banhavam no rio. É possível observar ainda uma largura com dimensões superiores aos dias atuais (Figura 4) após intervenções e canalização do curso d'água por meio de obras de infraestrutura.

Figura 4: - Canal Pirajá. em 2024.



Fonte: Os autores.

A Figura 4 representa o impacto ocorrido no mesmo trecho após as intervenções da Macro drenagem. Entre as quais estão a largura com dimensões reduzidas, num cenário diferente comparado com a figura anterior. Na visita em campo notou-se a presença de resíduos sólidos dentro e fora do canal. A característica da água turva e com odor apontou evidências de poluição severa. A urbanização desordenada e a falta de políticas eficazes de saneamento resultaram num ambiente degradado, como destaca Carbone et al. (2022), que defende a necessidade de integrar práticas de preservação ambiental com políticas públicas inclusivas que considerem as particularidades socioambientais da região.

Deste modo, as imagens não apenas documentam a evolução urbana, mas também reforçam a necessidade de estratégias de mitigação sustentáveis. Soluções baseadas na natureza, como a renaturalização de rios e infraestrutura verde, são recomendadas por especialistas que discutem este tema para reverter os danos ambientais e promover um equilíbrio entre urbanização e preservação ambiental.

ANÁLISE DA ÁGUA

A análise laboratorial foi realizada nos dois canais em pontos estratégicos considerados com menor influência sobre o despejo de esgoto. A primeira amostra (Tabela 1), foi coletada no canal Pirajá que pertence a bacia do Una, no trecho da travessa Pirajá com a Av. Dr. Freitas por estar próximo a uma área de conservação.

Tabela 1: Análise laboratorial da água Canal Pirajá (trecho de coleta: Avenida Doutor Freitas)

Parâmetros	Método: SMWW, 24a Edição - Método 9221 B e C			
	VMP	LQ	RESULTADO	Und
Coliformes Totais	-	1,8	$>1,6 \times 10^3$	NMP/100ml
Coliformes Termotolerantes	$1,0 \times 10^3$	1,8	$>1,6 \times 10^3$	NMP/100ml

Legenda: VMP – Valor Máximo Permitido; LQ – Limite de Quantificação; Und - unidade.
Fonte: RELATÓRIO DE ENSAIO No RE-2313/2024-00 NA.Lab Safety – Análises Laboratoriais. Data: 19/11/2024

A segunda coleta foi realizada no canal Tucunduba (Tabela 2). O trecho escolhido foi a Avenida Perimetral próximo da Universidade Federal do Pará. A escolha foi devido os autores considerarem que neste ponto do canal, o mesmo já teria recebido toda contribuição de despejo de esgoto ao longo de sua extensão por isso já se imaginava que seria maior a presença de coliformes nesse perímetro.

Tabela 2: Análise laboratorial da água Canal Tucunduba (Trecho de coleta: Avenida Perimetral)

Parâmetros	Método: SMWW, 24a Edição - Método 9221 B e C			
	VMP	LQ	RESULTADO	Und
Coliformes Totais	-	1,8	$>1,6 \times 10^3$	NMP/100ml
Coliformes Termotolerantes	$1,0 \times 10^3$	1,8	$>1,6 \times 10^3$	NMP/100ml

Legenda: VMP – Valor Máximo Permitido; LQ – Limite de Quantificação; Und - unidade.
Fonte: RELATÓRIO DE ENSAIO No RE-2314/2024-00 NA. Lab Safety – Análises Laboratoriais.Data: 19/11/2024

Os resultados apontam nas duas amostras que o índice de coliformes totais e termotolerantes são altíssimos, sendo inclusive maior do que o limite de quantificação e o valor máximo permitido.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados deste estudo corroboram as análises de especialistas sobre os resultados negativos da urbanização desordenada e da macrodrenagem em áreas urbanas na Amazônia. A perda de cobertura vegetal, a poluição hídrica e a manipulação da paisagem urbana observadas nos canais Tucunduba e Canal Pirajá em Belém refletem os problemas apontados por Santos (2018) que destaca a ausência de planejamento ambiental como um dos principais desafios para a sustentabilidade urbana.

Além disso, Sathler et al. (2015) enfatiza que o crescimento urbano sem planejamento adequado intensifica a impermeabilização do solo e a manipulação dos corpos d'água, alinhando-se aos resultados obtidos neste estudo, que demonstram o aumento significativo de resíduos sólidos e efluentes nos canais estudados. A relação entre a urbanização desordenada e a qualidade hídrica também foi observada por Quaresma et al. (2022), que identificaram padrões semelhantes em outros rios urbanos na Amazônia.

Embora os projetos de macrodrenagem em Belém tenham como objetivo mitigar enchentes e melhorar a infraestrutura urbana, os resultados indicam que essas intervenções não consideraram as especificidades ambientais locais. Sendo assim, sem soluções baseadas na

natureza, como a renaturalização dos rios, essas intervenções frequentemente resultam em impactos ambientais acumulados, como assoreamento e redução da biodiversidade (Carbone et al., 2022).

No caso do Canal Tucunduba, as imagens comparativas revelaram que as obras de canalização reduziram significativamente a largura do curso d'água, comprometendo sua capacidade de autodepuração e aumentando a vulnerabilidade a enchentes. Essas falhas ilustram a necessidade de integrar soluções ecológicas ao planejamento urbano, conforme proposto por Carbone et al., (2022).

PROPOSTAS DE ALTERNATIVAS COM BASE EM EXPERIÊNCIAS BEM SUCEDIDAS

Carbone et al. (2022) destaca exemplos internacionais, como o de Medellín, Colômbia, demonstrando o potencial de projetos que combinam renaturalização de rios e infraestrutura verde para recuperar ecossistemas degradados e melhorar a qualidade de vida urbana. Em Medellín, corredores ecológicos foram implementados para restaurar áreas ribeirinhas, promovendo a biodiversidade e a redução da poluição hídrica.

No Brasil, Curitiba é reconhecida pela criação de parques lineares e sistemas de captação de águas pluviais que integram soluções baseadas na natureza à gestão urbana (Anjos, 2024). Essas estratégias podem ser adaptadas ao contexto de Belém, priorizando a recuperação da vegetação ciliar e a implementação de sistemas de esgotamento sanitário eficientes.

INTEGRAÇÃO COM POLÍTICAS PÚBLICAS EXISTENTES

A falta de políticas públicas integradas e eficazes em Belém agrava os impactos ambientais e sociais observados. De acordo com Pontes (2015), a gestão de recursos hídricos na Amazônia deve ser adaptativa e participativa, envolvendo comunidades locais no processo de decisão. No entanto, as políticas em vigor ainda carecem de mecanismos para promover a participação comunitária e incorporar soluções inovadoras, como zonas cobertas e biofiltros, que são recomendadas por especialistas para reduzir a poluição hídrica (Pereira et al., 2021).

Os resultados reforçam a necessidade de políticas públicas que integrem o desenvolvimento urbano e a conservação ambiental. Soluções baseadas na natureza, combinadas com educação ambiental e engajamento comunitário, são fundamentais para reverter os impactos negativos da urbanização desordenada e dos projetos de macrodrenagem em Belém. Esses esforços devem ser acompanhados por um planejamento urbano sustentável que valorize os ecossistemas hídricos como recursos essenciais para o bem-estar das populações e a resiliência das cidades amazônicas.

CONCLUSÃO

Uma análise dos canais urbanos de Belém evidencia que a urbanização desordenada e os projetos de macrodrenagem realizados sem uma abordagem integrada e sustentável têm impactado severamente a qualidade hídrica e a paisagem urbana. O aumento da impermeabilização do solo, a perda de cobertura vegetal e a intensificação da poluição hídrica devido ao despejo de esgoto residencial destacam a urgência de compensar as políticas e práticas de gestão urbana na região.

Para mitigar os impactos negativos específicos, são possíveis políticas públicas integradas que priorizem soluções baseadas na natureza, como a renaturalização dos rios e a implementação de infraestrutura verde e bioengenharia. Tais medidas podem contribuir significativamente para a restauração da qualidade hídrica e da biodiversidade local, promovendo maior resiliência ambiental e social.

A implementação de sistemas eficientes de coleta e tratamento de esgoto é necessária para reduzir a carga poluente nos corpos d'água. Além disso, programas contínuos de educação ambiental devem ser desenvolvidos para conscientizar a população sobre a importância da preservação dos rios urbanos, aliando o engajamento comunitário às iniciativas de recuperação ambiental. A inclusão das comunidades locais no planejamento e na execução dessas ações é essencial para garantir que as intervenções culturais sejam cumpridas e sustentáveis a longo prazo.

Estudos longitudinais devem ser realizados para monitorar os efeitos das intervenções de recuperação e para avaliar a eficácia das soluções propostas. A incorporação de métodos participativos e saberes locais na gestão hídrica é outra perspectiva relevante, pois fortalece a governança dos recursos naturais e garante maior legitimidade às ações aprovadas.

Este trabalho reforça a necessidade de integrar o planejamento urbano, a conservação ambiental e o engajamento social, promovendo uma abordagem interdisciplinar para a gestão sustentável dos recursos hídricos em contextos amazônicos. Por fim, espera-se que as propostas apresentadas possam subsidiar futuros estudos e políticas públicas externas à melhoria das condições ambientais e sociais em Belém e outras cidades da região.

REFERÊNCIAS

ANJOS, Jeissy dos Santos dos. "Avaliação da eficiência dos parques lineares na mitigação de inundações através da infiltração no solo e área das lagoas de retenção". Monografia.

Repositorio Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2024.

BRITO, Ian Rodrigues. "Diagnóstico Espacial de Áreas Verdes no Município de Belém-PA".

Revista de Estudos Amazônicos. v. 14, n. 3, p. 89-105, 2022

CANABARRO, Ivo Santos. "Fotografia e História: questões teóricas e metodológicas".

Revista Brasileira de História. v. 14, n. 3, p. 89-105, 2021.

CARBONE, Amanda; XIMENES, Deize Sbarai Sanches; MAGLIO, Ivan Carlos; KINJO, Victor; LOCOSSELLI, Giuliano. "O futuro das cidades: um olhar emergente para os rios urbanos e a infraestrutura verde". **Revista Brasileira de Planejamento Urbano**. v. 10, n. 2, p. 45-60, 2022.

CALDEIRA, Luiz Antônio Cardoso; LIMA, Diogo Pedreira. "Drenagem urbana: uma revisão de literatura". **Engineering Sciences**. v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020.

CAPILÉ, Bruno. "Rios urbanos e suas adversidades: repensando maneiras de ver as cidades". **História Ambiental Latinoamericana y Caribeña (HALAC)**, v. 5, n. 1, p. 81-95, 2015.

CÔRTEZ, Julia Corrêa; D'ANTONA, Álvaro de Oliveira; e OJIMA, Ricardo. "Urbanização extensiva e reconfiguração rural na Amazônia". **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. v. 19, n. 3, p. 81-95, 2020

BORDALO, Carlos Alexandre. "O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira". **Revista de Estudos Amazônicos**. v. 15, n. 2, p. 45-60, 2021

FERNANDES, José Guilherme dos Santos; PIRES, Yomara. "Estudos Antrópicos na Amazônia". Belém: Editora da UFPA, 2019.

GONÇALVES, Analuz Marinho. "A urbanização em Belém durante a Belle Époque e seus impactos". **Revista de História Urbana**. v. 8, n. 2, p. 123-140, 2020.

GRANGEIRO, Ester Luiz de Araújo; RIBEIRO, Márcia Maria Rios; MIRANDA, Livia Izabel Bezerra de. "Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento. Integração de políticas públicas no Brasil: o caso dos setores de recursos hídricos, urbano e saneamento". **Revista de Políticas Públicas**. v. 18, n. 3, p. 81-95, 2021.

PEREIRA, Maria Cristina Santana; MARTINS, José Rodolfo Scarati; NOGUEIRA, Fábio Ferreira; MAGALHÃES, Ariel Ali Bento; SILVA, Fábio Paiva da. "Melhoria da qualidade da água de rios urbanos: novos paradigmas a explorar". **Revista de Estudos Ambientais**. v. 14, n. 1, p. 45-60, 2021

PONTE, Juliano Pamplona Ximenes. "Belém do Pará: cidade e água". **Cadernos Metrôpole**. v. 17, n. 33, p. 41-60, maio 2015.

QUARESMA, Leandro Silva; SILVA, Gessica da Silva e; SAHOO, Prafula Kumar; SALOMÃO, Gabriel Negreiros; DALL'AGNOL, Roberto. "Source Apportionment of Chemical Elements and Their Geochemical Baseline Values in Surface Water of the Parauapebas River Basin, Southeast Amazon, Brazil". **Minerals**, 2022.

RODRIGUES, José Edilson Cardoso; LUZ, Luziane Mesquita da. "Risco hidroclimático e impacto das precipitações em planícies urbanas de Belém-PA". **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**. Belém: v. 08, n. 01, p. 165–183, jan.-jun. 2021. Disponível em: <https://www.diarioonline.com.br/>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SATHLER, Douglas; MONTE-MÓR, Roberto L.; CARVALHO, José Alberto Magno de. "As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira". **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**. v. 17, n. 2, p. 45-60, 2015

SANTOS, Tiago Veloso dos. "A Amazônia das grandes cidades: urbanização recente de uma região em transformação". **Revista de Geografia**. v. 8, n. 1, p. 123-140, 2018

SOBRINHO, Alexandre Carlos Guimarães; BORDALO, Carlos Alexandre Leão; SOARES, Daniel Araújo Sombra. "Cidades sustentáveis para a água: as políticas públicas de retificação e saneamento do canal da Providência, em Belém (Pará-Brasil)". **Research, Society and Development**. v. 11, n. 12. 2022. SOUZA, Diones Soares de; ARAÚJO, Rayanne Cristina Oliveira da Silva; VERA-SOUSA, Mayana; FILHO, Flávio de São Pedro; MADEIRA, Maria José Aguiar. "Potabilidade da água consumida por uma municipalidade situada na Amazônia Brasileira". **Revista de Estudos Amazônicos**. v. 14, n. 3, p. 89-105, 2022.