

V.21 nº45 (2025)

REVISTA DA

AN PE GE

ISSN 1679-768X

a

ANPEGE

Associação Nacional
de Pós-graduação e
Pesquisa em Geografia



DOSSIÊ AMAZÔNIA, AMAZÔNIAS

Protocolo de avaliação rápida de rios urbanos aplicado a Manaus (AM): o caso do igarapé do educandos

Urban rivers rapid assessment protocol applied in Manaus (AM): the case of educandos' river

Protocolo de evaluación rápida de ríos urbanos aplicado en Manaus (AM): el caso del río del educandos

DOI: 10.5418/ra2025.v21i45.19879

ARMANDO BRITO DA FROTA FILHO

Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

ROSANGELA GARRIDO MACHADO BOTELHO

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

V.21 nº45 (2025)

e-issn : 1679-768X

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar a qualidade ambiental do Igarapé do Educandos, Manaus (AM), utilizando o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios Urbanos (PAR-Ru), enfatizando identificar possíveis melhorias na área contemplada pelas ações do Prosamim. Aplicou-se o protocolo monitoramento do terço médio e inferior do canal principal da bacia dos Educandos, com o intuito de determinar o grau de alteração ambiental fluvial. O PAR-Ru, desenvolvido para ambientes urbanos amazônicos, permite caracterizar os canais fluviais por meio de parâmetros físico-químicos e biológicos, de forma qualitativa e semi-quantitativa. Os resultados revelaram notas distintas para trechos não afetados e afetados por mudanças estruturais de engenharia e por períodos hidrológicos: 12,17 e 8,78 (chuvoso) e 11,83 e 7,90 (estiagem), classificando-as como "boa" e "regular", considerando secções como sem intervenções de engenharia. Esses dados indicam que nas áreas alteradas por obras no canal a qualidade ambiental teve significativa alteração em comparação com a não alterada.

Palavras-chave: ambiente fluvial; prosamim; monitoramento ambiental; igarapé; alterações hidromorfológicas.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the environmental quality of the Educandos river, Manaus (AM), using the Urban River Rapid Assessment Protocol (PAR-Ru), with an emphasis on identifying potential improvements in the area covered by Prosamim actions. The protocol was applied to monitor the middle and lower third of the main channel in the Educandos basin, in order to determine the degree of riverine environmental alteration. The PAR-Ru, developed for Amazonian urban environments, allows for the characterization of river channels through physical-chemical and biological parameters, in a qualitative and semi-quantitative manner. The results revealed distinct scores for sections unaffected and affected by engineering structural changes and hydrological periods: 12.17 and 8.78 (rainy season) and 11.83 and 7.90 (dry season), classifying them as "good" and "fair", considering sections without engineering interventions. These data indicate that in areas altered by channel works, the environmental quality experienced significant changes compared to unaffected areas.



Keywords: river environment; prosamim; environmental monitoring; igarapé; hydromorphological changes.

RESUMEN: Este estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad ambiental del río do Educandos, Manaus (AM), utilizando el Protocolo de Evaluación Rápida de Ríos Urbanos (PAR-Ru), con énfasis en identificar posibles mejoras en el área cubierta por las acciones del Prosamim. Se aplicó el protocolo de monitoreo del tercio medio e inferior del canal principal de la cuenca de los Educandos, con el fin de determinar el grado de alteración ambiental fluvial. El PAR-Ru, desarrollado para entornos urbanos amazónicos, permite caracterizar los canales fluviales mediante parámetros físico-químicos y biológicos, de forma cualitativa y semi-cuantitativa. Los resultados revelaron puntuaciones distintas para tramos no afectados y afectados por cambios estructurales de ingeniería y por periodos hidrológicos: 12,17 y 8,78 (temporada de lluvias) y 11,83 y 7,90 (temporada seca), clasificándolos como "bueno" y "regular", considerando secciones sin intervenciones de ingeniería. Estos datos indican que, en las áreas alteradas por obras en el canal, la calidad ambiental experimentó cambios significativos en comparación con las áreas no alteradas.

Palabras-clave: ambiente fluvial; prosamim; monitoreo ambiental; igarapé; cambios hidromorfológicos.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história, as ocupações humanas realizaram-se junto aos rios, uma vez que estes propiciavam água, alimento, locomoção e lazer. Exemplo disso são civilizações como Mesopotâmia, localizada no sistema fluvial Tigre e Eufrates e o Egito, que prosperou às margens do Nilo. Esta dinâmica se repete com os povos tradicionais brasileiros, em especial com indígenas e ribeirinhos.

Isso se reflete em várias culturas, em especial na cultura amazônica, sobre a qual Fraxe (2000) explica que os ribeirinhos estão em equilíbrio e harmonia no ecossistema amazônico (aquático e terrestre), uma vez que aprenderam a viver e conviver com os ciclos de cheia e vazante do rio, além de não o impactarem de forma significativa e permanente. Em “A água e o Homem na Várzea do Careiro”, Sternberg (2000) escreveu, do ponto de vista geomorfológico, como essa população tradicional se adequou à dinâmica fluvial do rio Amazonas.

Com o advento do êxodo rural, especialmente impulsionado pelos ciclos da borracha no Estado do Amazonas (1879 a 1912; 1942 a 1945), uma parcela da população foi em direção à capital,

Manaus (OLIVEIRA, 2003). E com isso várias práticas culturais na forma de ocupar o espaço foram trazidas. Logo houve a ocupação de áreas análogas às quais residiam, ou seja, as margens dos rios. Tal processo ocorreu intensamente nos igarapés próximos ao Centro, um dos primeiros bairros de Manaus, que era a área comercial da época.

Por se tratar de ambiente urbano, as relações com os rios foram/são ressignificadas, abandonando o caráter harmonioso descrito por Fraxe (2000) e Sternberg (2000). Os rios deixaram seu local de importância no imaginário e no dia a dia da população, e passaram por processos de transformação, durante a urbanização de Manaus.

Nas grandes cidades, o processo de urbanização resultou na degradação total ou parcial de rios e córregos. A rede de drenagem sofreu alterações em suas formas originais, além de contaminação por resíduos domésticos e industriais, eutrofização e mudanças nas demandas químicas e biológicas de oxigênio. Muitas vezes, esses corpos d'água deixam de ser reconhecidos como rios, passando a ser chamados de valões ou canais de esgoto a céu aberto, especialmente devido às mudanças nas características de cor e odor da água.

Esse processo ocorreu em diversas cidades brasileiras, não importando seu porte. A cidade de São Paulo, por exemplo, possui uma extensa rede de córregos deteriorados que drenam para os principais rios – Tietê e Pinheiros – ambos poluídos (JACOBI *et al.*, 2015). O mesmo ocorre na cidade do Rio de Janeiro, onde, como explicam Coelho Netto *et al.* (2015), os rios estão canalizados, impermeabilizados, enterrados no subsolo ou têm seus leitos estrangulados por aterros e construções em suas margens. Além disso, esses rios carregam resíduos sólidos e esgoto in natura ao longo de boa parte de seus trajetos.

Na cidade de Manaus não muito foi diferente. Com sua grande malha hídrica, tradicionalmente descrita por Ab'Saber (1953), foi aos poucos sendo descaracterizada, seja por aterros, retificações, cimentação de leito, alterações nas zonas ripárias e outras mudanças nos canais, a tal ponto que alguns igarapés, em especial, os localizados próximo ao centro histórico apresentavam poucas condições de sustentar a vida e tornaram-se vetores de reprodução de doenças.

A expansão urbana que ocorreu em Manaus foi rápida. Nesse sentido, Pennington (2009) afirma que a cidade não teve uma “adolescência”, ou seja, a malha urbana cresceu rapidamente e de forma urbanisticamente desordenada, sem o devido planejamento. O poder público não interveio nesse processo na época, o que gerou impactos nos meios natural e social. Esse processo não foi diferente na bacia do igarapé do Educandos e seus ambientes fluviais, os quais passaram por diversos ciclos de ocupação, desde povos originais e ribeirinhos a processos mais intensos e profundos, como: retirada da vegetação ciliar, instalação de pontes, ocupação do leito e margens por palafitas, remoção da população, canalização, retificação e cimentação de leito e margens, poluição advinda de resíduos residências e industriais. O processo de urbanização, de forma geral, é intenso sobre a morfologia da

superfície e na paisagem como um todo, suas alterações impactam no equilíbrio natural do sistema, dando-lhe uma nova dinâmica. Este é um subproduto recorrente nos espaços urbanos, contudo, acentuado e agravado quando há falta de planejamento, infraestrutura básica e estudos voltados para amensuração dos impactos causados pela ação antrópica.

Este processo somente se alterou no fim da década de 1990 e início dos anos 2000, quando o governo do Estado do Amazonas, por meio de investimentos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), em parceria com a Caixa Econômica Federal, desenvolveu alguns projetos. Isto possibilitou a execução de um dos programas mais controversos já realizados na cidade de Manaus, o Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus, conhecido amplamente pela sua sigla, Prosamim. Esse programa de intervenção foi a primeira ação de peso no sentido de “resolver” problemas ambientais gerados pela ocupação das margens fluviais e, teve início em setembro de 2004 em vários córregos da cidade (QUEIROZ, 2009). Outro intuito dessa ação foi a manutenção do desenvolvimento socialmente integrado quanto ao crescimento econômico ambientalmente sustentável (PROSAMIM, 2004).

O programa é um marco histórico na evolução da paisagem da cidade e, apesar de objetivar o desenvolvimento humano e a recuperação dos canais fluviais (igarapés) e seus afluentes, esta não ocorreu e sim o “embelezamento” de algumas áreas, por meio da remoção das palafitas às margens dos rios, como explicado por Andrade Filho, Oliveira e Molinari (2011). Além de outras estratégias, como canais retificados e seus leitos foram cimentados, sem a recuperação da vegetação ciliar nativa. Um dos principais objetivos propostos pelo programa foi promover a reabilitação da infraestrutura urbanística e de saneamento existente, por meio de serviços e obras de manutenção para garantir melhoria no saneamento básico e a geração de empregos, conforme Plano Diretor (PCA-MESTRE CHICO, 2005), entretanto a recuperação ambiental dos canais fluviais urbanos não foi alcançada, como descrito por trabalhos como de Queiroz (2010), Torrezani (2016) e Calvo (2018)

Uma das áreas escolhidas para a intervenção do Prosamim foi a bacia hidrográfica do Educandos, localizada integralmente no perímetro urbano e cujo canal principal e afluentes foram diretamente afetados pelo processo de urbanização, sendo alvos de despejos de esgoto e efluentes industriais. Por esta razão, denominou-se esse tipo de avaliação como Protocolo de Avaliação Rápida de Rios urbanos (PAR-Ru), assim buscou-se identificar possíveis características que são proeminentes em cidades. Desta forma, o presente artigo relata a pesquisa que teve como objetivo avaliar a qualidade do ambiente fluvial do Igarapé do Educandos a partir da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios urbanos voltado para este ambiente, buscando identificar possíveis melhorias na área alvo das ações do Prosamim. Faz-se necessário dizer que a metodologia de Protocolo de Avaliação Rápida de Rios não havia sido ainda aplicada no contexto urbano amazônico, e

mesmo para outras áreas do país ainda são pouco os estudos de PAR em áreas urbanas (CARRENO e BOTELHO, 2011; BOTELHO, 2017; PEDROSO e COLESANTI, 2017; CAMPOS e NUCCI, 2021).

MATERIAIS E MÉTODOS

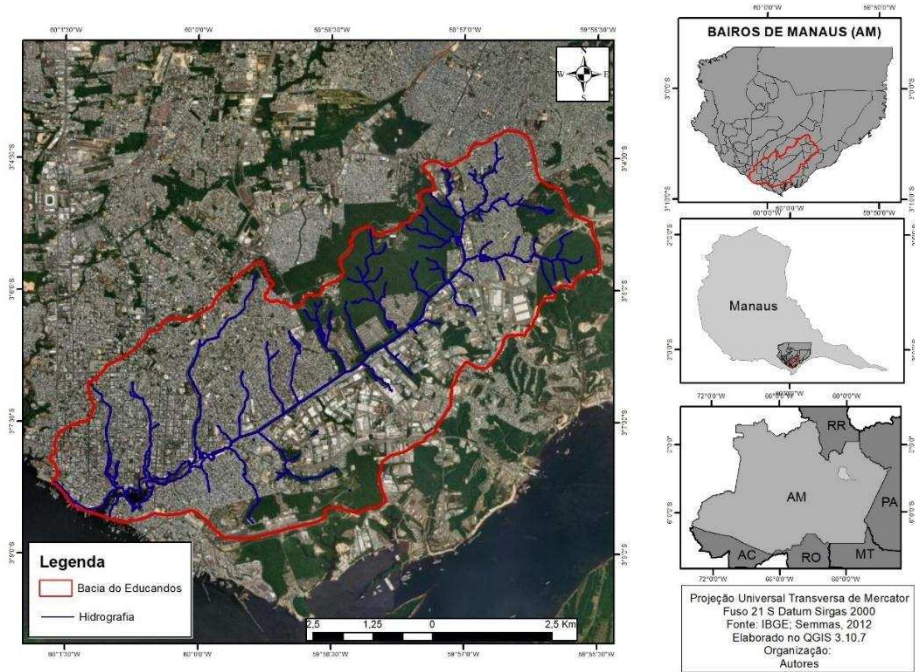
Área de estudo

A área de estudo está representada pela bacia do igarapé Educandos, com 45,12 km², incluída no perímetro urbano de Manaus, abrangendo parcial ou integralmente 26 bairros das zonas sul, centro-sul e leste da cidade, conforme apresentado na Figura 1. Em termos geomorfológicos, a bacia apresenta padrão de drenagem dendrítico, com não muito extensos, espalhados em uma área espacialmente grande (VIEIRA, 2008).

O igarapé do Educandos tem sua principal nascente na altitude de 100 m e sua foz à altitude de 25 m, e apresenta um gradiente de 0,64%, que indica um desnível topográfico bastante suave. Destes canais, os que mais se destacam são o igarapé do Quarenta, canal principal da bacia, igarapé do Mestre Chico e igarapé de Manaus que foram os que mais sofreram alterações nas últimas décadas.

É importante salientar que, a ocupação da bacia é datada de antes a década de 1950 (OLIVEIRA, 2003), assim no decorrer das décadas, os a rede drenagem, passou por diversas alterações, seja em sua forma, qualidade da água, condições de suas margens e leito, dentre outros. Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta as principais características da bacia, considerando-a com pouca ou nenhuma alteração, e anterior as intervenções do Prosamim. Brandão e Santos (2003) realizaram estudo na porção média da bacia do Educandos, anteriormente ao desenvolvimento do projeto, na sub-bacia do Quarenta, no qual realizou-se sua caracterização hidrológica.

Figura 1: Mapa de localização da bacia do Educandos, Manaus – AM.



Org: Autores, 2024.

Em termos climato-meteorológicos, mais especificamente no que concerne à precipitação na cidade de Manaus, conforme normal climatológica (1986 a 2015), a pluviosidade média anual é de 2334,8 mm, segundo estudo de D’Ávila Junior e Vieira (2019). Os referidos autores ainda destacam que os meses mais chuvosos são novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março, abril, maio e junho, e os menos chuvosos de julho, agosto, setembro e outubro, com o mês de abril sendo o mais chuvoso e o mês de agosto o menos chuvoso.

Quadro 1: Síntese das características do canal principal da bacia do Educandos

Parâmetro	Características
Substrato e/ou habitat disponível	Baixa variedade por se tratar de um rio de baixa velocidade.
Regimes de velocidade/profundidade	Leito chato, apresentando mais de um talvegue, profundidade em seções do médio curso variando em torno de 1 metro
Deposição de sedimentos	Baixa deposição de sedimentos.
Estabilidade das margens	Margens estáveis pela vegetação
Proteção das margens pela vegetação	Margens protegidas por vegetação ciliar original
Características físicas da água	Cor de café/ chá fraco – (cor preta) (Classificação de Sioli, 1985)

Fonte: Brandão e Santos, 2003. Org: Autores, 2021.

Outro ponto pertinente no que concerne à precipitação sobre a cidade de Manaus é que há uma alteração na dinâmica, com diminuição da quantidade de dias de chuva por ano, conforme a normal climatológica (1986 a 2015), diminuindo de 190 dias para 178 dias (D'ÁVILA JUNIOR; VIEIRA, 2019), resultando em chuvas concentradas, e possíveis eventos extremos de chuvas maiores que 50 mm/dia ou mesmo maiores que 100mm/dia. Santos *et al.* (2012) reiteram essa afirmação e contribuem ao explicar que eventos de precipitação extrema, assim como a precipitação acumulada em um período de cinco dias consecutivos e o número de dias úmidos aumentaram sobre a zona urbana de Manaus, e nesse sentido, ambos estudos apontam que essa nova dinâmica na precipitação pode ampliar os casos de inundações e alagamentos, em especial se associados a fatores como impermeabilidade do solo com pavimentações.

A análise da evolução do uso e ocupação da bacia desenvolvida por Frota Filho (2021), relevou que entre 1999 e 2017 o crescimento da área urbana foi de 108,25%, sendo este um dado que exemplifica a pressão sobre a rede hidrográfica de bacias urbanas, e, em especial, na bacia do Educandos, fato que pode ter acarretado a redução da qualidade das nascentes e dos canais de primeira ordem na bacia. Isso se potencializa quando são analisadas a situação e evolução do uso da APP da rede hidrográfica da bacia do Educandos. Em 1999 esta apresentava ocupação de 33,42% pela urbanização, e em 2017 de 74,17% (FROTA FILHO, 2021), mostrando a falta de fiscalização do Poder Público sobre estas áreas, permitindo a ocupação de áreas de preservação. Isso, sem dúvida, colabora para intensificação das cheias, causando inundações.

Metodologia

O Protocolo de Avaliação Rápida de Rios utilizado nesta pesquisa baseou-se em Botelho, Tôsto e Rangel (2018), com pequenas adaptações, pois, como as autoras explicam, o PAR-R pode ser ajustado para refletir melhor o ambiente que se procura analisar, em especial quanto aos impactos antrópicos no meio físico. Deste modo, o parâmetro “frequência de corredeiras” não foi utilizado, pois não se aplicava à área, devido ao baixo desnível altimétrico da bacia, como um todo. Da mesma forma, os parâmetros “sinuosidade do canal” e “diversidade de poços” não foram aplicados, em função das alterações antrópicas diretas efetuadas nos médio e baixo cursos do canal com ações de canalizações e retificações, como ocorreu em estudo desenvolvido por Botelho (2017).

No que concerne ao parâmetro “características físicas da água”, não há descrição objetiva na literatura, por ser uma avaliação que envolve percepção sensorial e, por isso, um certo grau de subjetividade inerente. Foram inseridos dois parâmetros – “resíduos sólidos no canal” e “efluentes”, pois, no contexto de bacias urbanas, como a do Educandos, tais elementos são comuns e influenciam diretamente na qualidade do ambiente fluvial. Por esta razão denominou-se esse tipo de avaliação

como Protocolo de Avaliação Rápida de Rios urbanos (PAR-Ru), assim buscou-se identificar possíveis características que são proeminentes em cidades.

Ao todos foram realizados três trabalhos de campo: o primeiro, em janeiro de 2020, para reconhecimento da área e escolha dos pontos; o segundo, em fevereiro de 2020, para a aplicação do PAR-R na estação chuvosa; e o terceiro, em outubro de 2020, na estação seca. Devido ao regime pluviométrico característico do Amazonas, no qual a pluviometria pode ultrapassar 2300mm, com meses com alta pluviosidade e períodos que podem alcançar 30 dias sem precipitações nas estações secas, como destacado anteriormente.

Os pontos de aplicação foram escolhidos com base nas variações da paisagem, considerando tanto a presença de afluentes, as alterações no uso e ocupação das margens e efluentes, quanto às modificações no canal em si. Além disso, também foi considerada a acessibilidade ao ponto selecionado de forma que permitisse a avaliação dos parâmetros. Foram analisados 10 pontos ao longo dos médio e baixo cursos do canal principal da bacia do Educandos, numa extensão de 6,236 km.

Contudo, devido às limitações de acesso, notadamente por motivo de periculosidade, no curso superior e nascentes do rio, seus níveis de alteração não puderam ser aferidos. Infere-se com base no mapa de uso e ocupação da bacia que o curso superior tende a ter melhores condições dos parâmetros para comparação com as áreas com influência antrópica. Portanto, a referência para análise são os pontos mais a montante que apresentaram a menor alteração do trecho estudado, assim como a comparação entre os dois períodos de monitoramento.

Em cada um dos pontos foi, então, aplicado o PAR-Ru, por meio do preenchimento de uma ficha de campo, contendo os parâmetros do PAR-R com suas respectivas condições de referências e notas (Quadro 1). Os valores de cada parâmetro variam de 0 a 20 e definem as circunstâncias de qualidade do *habitat* fluvial como sendo: ótima (20 – 16), boa (15 – 11), regular (10 – 6) e ruim (5 – 0). No caso de parâmetros aplicados às duas margens separadamente, os valores variam de 0 a 10 e o resultado é obtido pelo somatório desses (CALLISTO *et al.*, 2002; CARREÑO; BOTLEHO, 2011; LOBO; VOOS; ABREU JÚNIOR, 2011; BIZZO; MENEZES; ANDRADE, 2014; BOTELHO, 2017; BOTELHO; TÔSTO; RANGEL, 2018).

Assim, as notas mais elevadas correspondem às melhores condições do ambiente fluvial. Para os valores totais em cada ponto, podem-se considerar os seguintes intervalos de pontuações e condições: ótima (240 – 181), boa (180 – 121), regular (120 – 61) e ruim (60 – 0).

Quadro 2: Condições referenciais dos parâmetros do PAR-R aplicado aos cursos médio e baixo do canal principal da bacia do Educandos, Manaus- AM.

Parâmetro 1: "Substrato e/ou habitat disponível"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Mais de 70% do trecho avaliado apresenta substrato favorável à colonização da epifauna e abrigo para insetos aquáticos, anfíbios e peixes. Observa-se também uma mistura de galhos, margens escavadas, seixos ou outros habitats disponíveis.					De 50 a 70% do trecho avaliado apresenta substratos apropriados à colonização e manutenção da epifauna. Existem substratos adicionais aptos à colonização, como por exemplo, troncos ou galhos inclinados sobre o curso d'água, mas que ainda não fazem parte do substrato do rio.					Entre 21 a 50% do trecho avaliado apresenta habitats estáveis mesclados, apropriados à colonização de espécies aquáticas. Pode haver trechos em que a velocidade da água não permite a estabilização dos substratos que podem ser algumas vezes removidos.					A falta de habitats é óbvia, ou mais de 80% do trecho avaliado apresenta habitats monótonos ou com pouca diversificação. Não há presença de cascalhos seixos rolados ou vegetação aquática.				
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01
Parâmetro 2: "Soterramento"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Cascalhos, blocos, matacões têm menos de 20% de suas superfícies cobertas por sedimento fino. As camadas de blocos fornecem grande diversidade de nichos.					Cascalhos, blocos, matacões têm de 20 a 40% de suas áreas superficiais cobertas por sedimentos finos.					Cascalhos, blocos, matacões têm de 60 a 80% de suas áreas superficiais cobertas por sedimentos finos.					Cascalhos, blocos, matacões têm mais de 80% de suas áreas superficiais cobertas por sedimento fino.				
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01
Parâmetro 3: "Regimes de velocidade/profundidade"																			
ÓTIMA					BOA					RUIM									
Estão presentes pelo menos dois regimes de velocidade/ profundidade. Com presença obrigatória do regime RÁPIDO/ RASO.					Presença de 2 regimes com ausência do regime RÁPIDO/RASO.					Dominância de apenas um dos regimes existentes. Se prevalecer o regime do tipo LENTO, a pontuação deve ser menor.									
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01
Parâmetro 4: "Deposição de sedimentos"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Ausência ou pequenas ilhas ou barras fluviais. Menos de 5% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos.					Alguns acréscimos recentes na formação de barras, predomínio de cascalho, areia ou sedimento fino. De 5 a 30% do fundo é afetado pela deposição, e nos poços a deposição é fraca.					Deposição moderada de cascalhos novos, areia ou sedimento fino em barras (recentes ou antigas). De 30 a 50% do fundo é afetado pela deposição de sedimentos. Nos poços a deposição é moderada.					Elevada deposição de material fino e aumento no desenvolvimento de barras. Mais de 50% do fundo é afetado pela deposição, não sendo possível observar quase nenhum poço devido à substancial deposição nos mesmos.				
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01
Parâmetro 5: "Condições de escoamento no canal"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
A água atinge a base inferior de ambas as margens e há uma quantidade mínima de substratos expostos.					A água preenche mais de 75% do canal e menos de 25% de substratos estão expostos.					A água preenche entre 25 e 75% do canal, e/ou a maioria dos substratos das corredeiras estão expostos.					Pouquíssima água no canal, sendo a maioria de água parada em poças.				

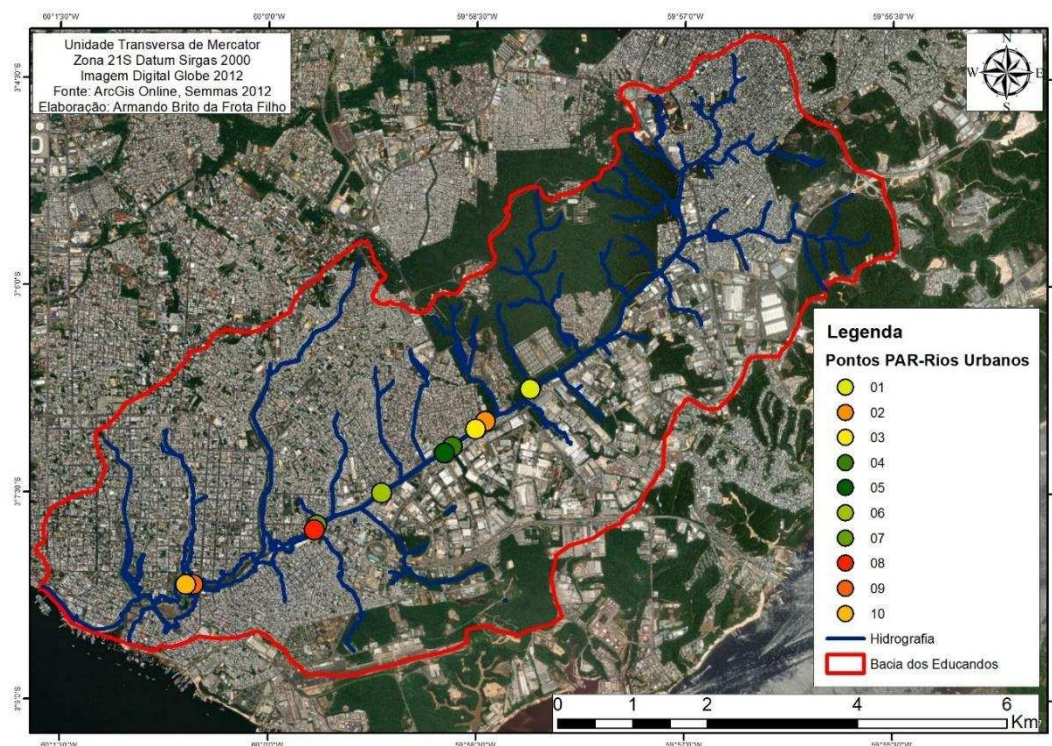
20	19	18	17	1	15	14	13	12	11	10	09	0	0	06	0	0	0	0	1
6												8	7		5	4	3	2	
Parâmetro 6: "Alterações no canal"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Ausência ou mínima presença de pequenas canalizações e dragagens. O curso d'água segue com padrão natural.					Presença de alguma canalização, em geral em áreas para apoio de pontes ou evidência de canalizações antigas e de dragagem, mas com ausência de canalizações recentes.					Presença de diques, terraplanagens, aterros, barragens, enrocamentos ou estruturas de escoramentos em ambas as margens. De 40 a 60% do canal se encontra canalizado ou com rupturas.					Margens revestidas com gabões ou cimento e cerca de 80% do curso d'água encontra-se canalizado e com rupturas.				
20	19	18	17	1	15	14	13	12	11	10	09	0	0	06	0	0	0	0	1
6												8	7		5	4	3	2	
Parâmetro 7: "Estabilidade das margens"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Margens estáveis, ausência ou mínima evidência de erosão ou falhas nas margens: pouco potencial para problemas futuros. Menos de 5% da extensão das margens encontram-se afetadas.					Margens moderadamente estáveis, com presença de áreas com erosão cicatrizadas e de 5 a 30% da extensão das margens apresentam-se erodidas.					Margens moderadamente instáveis. De 30 a 60% da extensão das margens apresenta-se erodida e o potencial à erosão é alto durante as cheias.					Margens instáveis e muitas áreas erodidas. A erosão é frequente ao longo da seção reta e nas curvas. Em termos relativos, de 60 a 100% da extensão das margens apresenta-se erodida.				
ME	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
MD	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
Parâmetro 8: "Proteção das margens pela vegetação"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Mais de 90% da superfície das margens e zona ripária é coberta por vegetação florestal. Ausência de áreas de cultivo (agricultura) ou áreas de pastagens. A maioria das plantas pode crescer naturalmente.					De 70 a 90% da superfície marginal é coberta por vegetação florestal, não sendo observadas grandes descontinuidades. Mínima evidência de campos de cultivo ou áreas de pastagens.					De 50 a 70% da superfície das margens está coberta pela vegetação, havendo manchas de solo exposto. Locais de agricultura ou pastagens são observados.					Menos de 50% da superfície das margens está coberta por vegetação. É evidente a descontinuidade da vegetação do entorno sendo esta praticamente inexistente.				
ME	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
MD	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
Parâmetro 9: "Estado de conservação da vegetação do entorno"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
A vegetação do entorno é composta por espécies nativas em bom estado de conservação, não apresenta sinais de degradação causada por atividades humanas.					A vegetação é composta não só por espécies nativas, mas também por exóticas, contudo, está bem preservada. Mínima evidência de impactos causados por atividades humanas.					A vegetação presente é constituída por espécies exóticas e há pouca vegetação nativa. É possível perceber impactos de atividades humanas.					A vegetação do entorno é praticamente inexistente e o solo está exposto às intempéries naturais. Atividades humanas como queimadas e desmatamentos são evidentes.				
ME	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
MD	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
Parâmetro 10: "Características físicas da água"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Cor	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
Odor	10	09			08	07	06			05	04	03			02	01	00		
Parâmetro 11: "Resíduos sólido no canal"																			

ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Ausência de resíduos sólidos ou presença isolada de fragmento de resíduos sólidos.					Presença de resíduos sólidos, de pequenas dimensões, em um ponto isolado.					Presença resíduos sólidos, de pequenas dimensões, em mais de ponto do trecho analisado.					Presença de resíduos sólidos, de várias dimensões, em vários pontos do trecho analisado.				
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01
Parâmetro 12: "Efluentes"																			
ÓTIMA					BOA					REGULAR					RUIM				
Não são observados efluentes, encanamentos de lançamento direto ou "línguas negras" no trecho analisado.					São observados efluentes, encanamentos de lançamento direto ou "línguas negras", em um único ponto no trecho analisado.					São observados efluentes, encanamentos de lançamento direto ou "línguas negras", em um ou dois pontos no trecho analisado.					São observados efluentes, encanamentos de lançamento direto ou "línguas negras", em mais de dois pontos no trecho analisado.				
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01

Adaptado de Botelho, Tôsto e Rangel (2018)

As informações sobre localização dos pontos de aplicação do PAR-R no curso principal da bacia do Educandos encontram-se na Figura 2, que também apresenta a rede de drenagem e os divisores da bacia. Há presença de uma apreciável área verde, notadamente no setor médio-alto da bacia. Outra característica importante do canal principal da bacia do Educandos é que, como dito anteriormente, parte dele passou por interferências do Prosamim Nesse caso, do trecho do canal principal monitorado, os pontos de 1 a 4, até o momento deste estudo, não passaram por mudanças estruturais referentes ao Projeto, enquanto os pontos de 5 a 10 passaram por mudanças de engenharia, como a retificação e cimentação do leito fluvial, substituição da vegetação por gramíneas ou cimentação parcial das margens. Essas características foram consideradas no processo de monitoramento e comparação dos resultados.

Figura 2: Localização dos pontos de aplicação do PAR-R nos cursos médio e baixo do canal principal da bacia do Educandos.



Fonte de dados cartográficos: Semmas – Manaus, 2012. Org.: Autores, 2023.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Qualidade do ambiente fluvial do Igarapé do Educandos: análise dos pontos de aplicação do PAR-R

Os resultados das avaliações e monitoramento do PAR-Ru realizados no canal principal da bacia do Educandos, médio e baixo cursos, apontam alterações expressivas no ambiente fluvial, ainda que seja importante salientar que em certos trechos os impactos são mais severos. Tais resultados podem ser visualizados nos quadros 1 e 2.

O **ponto 1** analisado está localizado no início do curso médio do canal. O monitoramento desse trecho apontou que os parâmetros com piores condições do ambiente fluvial foram: “estabilidade das margens”, “proteção das margens pela vegetação”, “estado da conservação da vegetação do entorno” e “aspectos da água”. No que se refere às margens, a direita apresentou vegetação secundária, enquanto na outra há impermeabilização devido à pavimentação da “Avenida Manaus 2000” e construções de alvenaria. O principal impacto das margens alteradas e sem vegetação é o aumento da carga sedimentar no rio, o que pode criar zonas de acumulação, como visto na figura 3.

Após a análise do somatório das pontuações referentes aos parâmetros avaliados nos dois monitoramentos, é possível notar que P1 apresenta a melhor qualidade dos elementos que compõem o ambiente fluvial propostos no PAR-Ru, com médias de 15,75 e 15,42, respectivamente, aos

monitoramentos de ferreiro (estação chuvosa) e outubro (estação seca). Como apresentado na Figura 2, trata-se de uma condição “boa”, decorrente das alterações nesse trecho, ainda que poucas e mais focadas nas margens.

Figura 3: Acúmulo de sedimentos na margem esquerda do canal principal alguns metros a jusante do Ponto 1.



Foto: Autores, 19/02/2020.

A aplicação do PAR-Ru no **ponto 2** resultou em 12,25 e 11,92 pontos finais, respectivamente, monitoramentos de ferreiro (estação chuvosa) e outubro (estação seca), enquadrando-se na categoria de condição “boa”. A mudança da fisionomia gerou redução na pontuação, se comparada com o ponto anterior. O monitoramento desse trecho apontou que os parâmetros com piores condições do ambiente fluvial foram: “estabilidade das margens”, “proteção das margens pela vegetação”, “estado da conservação da vegetação do entorno” e “aspectos da água (odor)”, e outros parâmetros que também influenciaram negativamente neste trecho foram “resíduos sólidos” e “efluentes”, este último responsável pela menor nota sobre odor no ponto.

Foram constatadas alterações de origem doméstica, com presença de resíduos sólidos residenciais, a exemplo de garrafas plásticas e embalagens de produtos e presença de encanamentos (águas cinzas e águas marrons) vindos das construções da área. Ainda há mata ciliar incipiente, com extensão variando de 2 a 5m de largura com espécimes de estratos baixos, como arbustos, e arborescentes, com grande intervenção antrópica. Apresenta depósito de areia de origem antropogênica (Figura 4A), solo exposto e deposição de resíduos sólidos (Figura 4B).

Há também a presença de despejo de efluentes na margem esquerda do canal (Figura 4C). É importante salientar a posição da canaleta, uma vez que está muito acima do nível do rio, e, à medida que libera o conteúdo, pode solapar a margem, desenvolvendo um processo erosivo. Este despejo reduz a qualidade da água, além de agravar o odor presente no local. Apesar de todos estes pontos negativos, algumas espécies faunísticas sobrevivem na área, como iguanas, observadas neste ponto.

Figura 4: A) Resíduos sólidos domésticos na margem esquerda e depósito arenoso na margem direita; B) Margem Esquerda, solo exposto e deposição de resíduos sólidos; C) Canaleta para despejo de águas servidas no Ponto 2.



Fotos: Autores (A: 19/02/2020; B: 03/10/2020; C: 03/10/2020).

O **ponto 3**, conforme os dois monitoramentos, apresentou notas totais 10,75 e 10,42, respectivamente aos monitoramentos de ferreiro (estação chuvosa) e outubro (estação seca), enquanto o **ponto 4** apresentou 9,83 e 9,50, sendo os primeiros pontos a serem classificados com qualidade “regular”. Os parâmetros que apresentaram piores condições foram “estabilidade das margens”; “estado da conservação da vegetação do entorno” “proteção das margens pela vegetação”, além disso, os parâmetros de “resíduos sólidos” e “efluentes” também apresentaram resultados negativos. No que concerne à estabilidade das margens, observou-se presença de fissuras na margem esquerda no solo e em construções próximo (Figura 5A), denominadas de “construções ciliares” (Figura 5B), por se localizarem no local da mata ciliar, conforme denominado por Botelho (2018). Tais construções acabam por efluentes para descarte de águas servidas na margem.

Figura 5: A) “Construção ciliar” apresentando rachaduras (setas vermelhas) na margem esquerda do canal principal no Ponto 03; B) Construções ciliares na margem esquerda.



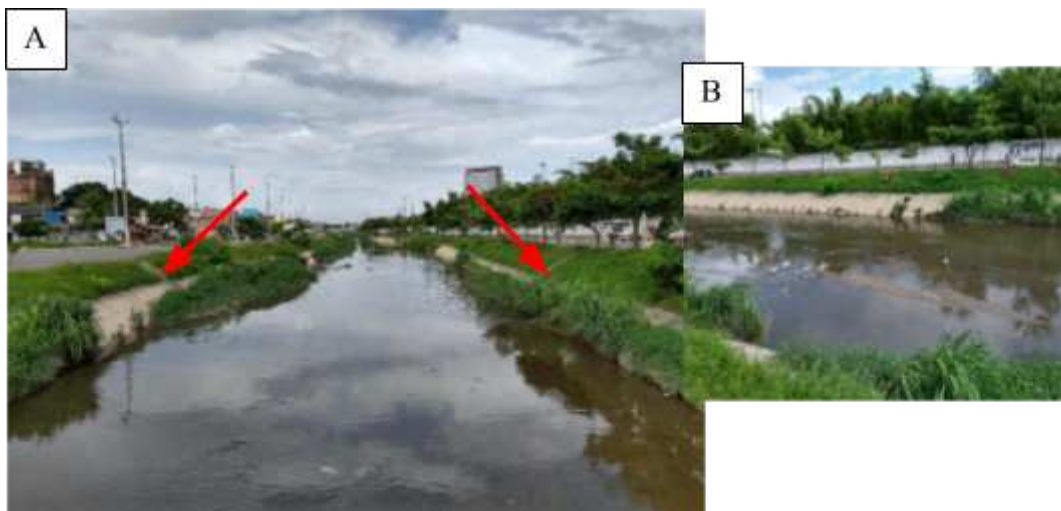
Foto A: 19/02/2020; Foto B: 03/10/2020; Foto C: 03/10/2020. Fonte: Autores.

A partir do ponto 5, há uma mudança considerável na configuração da paisagem devido às obras de infraestrutura que alteraram a forma do canal, impermeabilizaram e concretaram o leito e as margens perderam a cobertura vegetal. Assim, o parâmetro “proteção das margens pela vegetação” é zerado nos pontos de 5 a 9. Nesse sentido, essas ações apesar de serem danosas ao ambiente fluvial, quando considerando aspectos naturais, contudo ao se considerar o parâmetro de “estabilidade das margens” acabam por reduzir a instabilidade em parte do canal, em especial nos setores abrangidos pelo Prosamim, ou seja, os pontos de 5 a 10, que por consequência aumenta as notas desse parâmetro, ainda que seja uma estabilidade de caráter artificial e antropogênico.

O **ponto 5** apresentaram notas 9,17 e 8,50, o **ponto 6** notas 8,08 e 7,17. Os parâmetros que apresentaram piores condições foram “estado da conservação da vegetação do entorno” e “proteção das margens pela vegetação” e “efluentes”, este último tendo influência direta do parâmetro “aspectos da água - cor”. Para além dos parâmetros analisados individualmente, houve alteração da dinâmica fluvial, observada pela presença de barras fluviais (tecnogênicas) a partir do ponto 5, com gênese vinculada à deposição de resíduos sólidos no canal, que, por sua vez, auxiliam na retenção de sedimentos, tal dinâmica é recorrente em rios urbanos, sendo caracterizada por Peixoto e Pelech (2020), e estudada em uma bacia urbana em Manaus por Souza (2014). A partir do momento em que as barras começam a se consolidar, a vegetação aumenta seu poder de retenção de sedimentos (Figura 6).

A coloração do canal é amarronzada, característica de rios com alta carga de sedimentos. Contudo, devido ao substrato e local das nascentes, o Educandos tem coloração negra (cor de café) originalmente, e devido à urbanização, recebe carga de sedimentos e esgoto doméstico proveniente dos bairros adjacentes, deixando o tom da água mais escuro e o perfil transversal do canal mais raso, conforme Pacheco e Santos (2013) também constataram. O ponto 6 destaca-se pelo aumento das barras fluviais (Figura 6B), pois a saída de dejetos residenciais contribui para o crescimento da vegetação, nas proximidades do cano, notadamente na porção mais a jusante (Figuras 6), pois são fonte de nutrientes.

Figura 6: A - Canal principal canalizado, com deposição de sedimentos cobertos pela vegetação em ambas as margens (destaque com setas para as canaletas de água pluvial) no Ponto 05; B – Barras fluviais (tecnogênicas) no canal.



Fonte: Autores, 2020.

O **ponto 7** apresentou as menores notas finais dentre todos os pontos do PAR-Ru, com 7,92 e 7,17, nos monitoramentos na estação tal e tal. Os parâmetros “estado da conservação da vegetação do entorno” e “proteção das margens pela vegetação”, que justamente tratam da mata ciliar, obtiveram nota um, devido a vegetação do entorno ser de espécimes de pequeno porte com função paisagística, em detrimento dos aspectos ecológicos e hidro-geomorfológicos. “substrato e/ou habitats disponíveis” obteve nota 1, sendo a nota mais baixa para este parâmetro em toda a avaliação do canal.

Esse ponto apresenta como diferencial a presença de afluente que deságua no canal principal (Figura 7a), este apresenta alto grau de alteração, com coloração da água alterada (cor cinza) em consideração a original do canal (cor preta), além de odor mais forte que o do canal principal no ponto 07. O canal apresenta vastos depósitos (tecno) fluviais arenosos em ambas as margens, já com presença de vegetação (Figura 7b). Nele há presença de resíduos sólidos, saídas de diversos canos e depósitos de areia na margem esquerda, que se caracteriza como resultado de alta carga sedimentar e que pode resultar em uma baixa lâmina d’água.

Figura 7: A - Afluente em seu estado sem alterações de engenharia em seu leito e margens, com presença de barra de sedimento tecnogênica na sua margem convexa, com cinza devido as águas servidas (Foto à esquerda); B - desague no canal principal em galeria no Ponto 07.



Fonte: Autores, 2020.

O **ponto 8**, apresenta uma particularidade, pois no primeiro monitoramento ainda não havia sido alvo das obras do Prosamim, ainda que essa seção do canal tenha alterações antrópicas, na margem direita com a criação de uma via de acesso pavimentada, e na margem esquerda com as “construções ciliares” com casas de palafitas. Contudo, no segundo monitoramento, iniciaram-se as intervenções do programa supracitado, com a remoção da população que ali habitava (Figura 8).

Figura 8: Ponto 8, canal principal. A) Moradias ciliares na margem esquerda, monitoramento de fevereiro de 2020; B) remoção de parte das moradias, monitoramento de outubro de 2020. Setas vermelhas indicam canos direcionados para o canal.



Fonte: Autores, 2020

O Ponto 8 apresentou pontuação 7,75 e 7,08, tendo notas nulas para o “estado da conservação da vegetação do entorno”, e como piores para “proteção das margens pela vegetação” e “efluentes”, este último tendo impacto direto nos “aspectos da água - odor”.

O **ponto 9** apresenta notas 9,08 e 7,92, e o **ponto 10** com 10,75 e 9,58, para os monitoramentos, além do “estado da conservação da vegetação do entorno” que obteve nota zero, enquanto os parâmetros com menores notas foram “proteção das margens pela vegetação”, “substrato e/ou habitats disponíveis”, e “aspectos da água - odor”, este último se explica pelo adensamento populacional da área, associado à baixo atendimento de saneamento básico e tratamento do esgoto.

A melhora dos dois últimos pontos se deve aos parâmetros “Resíduos sólidos” e “Efluentes”, que tiveram melhoras em relação aos demais pontos. Nesses últimos pontos o leito do canal se alarga, e os resíduos sólidos ficam menos evidentes. E, especificamente no último ponto, houve melhora no parâmetro “deposição de sedimentos” pelo aumento da quantidade de água no canal.

Ao analisar os PAR-Ru de modo amplo, observam-se algumas tendências, no que se refere às notas dos pontos. As notas decaíram a jusante, um comportamento descrito por Botelho (2017), que explica que certos aspectos negativos tendem a se acumular longitudinalmente no decorrer do perfil do rio (Figura 9). Que é exemplificado no ponto 8, que, além das alterações estruturais, reflete o acúmulo das condições ruins da qualidade da água, notadamente na grande quantidade de resíduos sólidos, com origens diversas, ou seja, que foram carregados de locais a montante, e descartados *in loco*.

Entretanto, no caso do canal monitorado, houve uma sutil melhora nos dois últimos pontos, que ocorreram por duas razões: a primeira está ligada diretamente ao baixo adensamento populacional nesta área, a segunda advém de saneamento básico, que cresce no terço médio e a jusante e pelas mudanças estruturais na calha e nas margens do igarapé, realizadas pelo Prosamim.

A dinâmica de urbanização é um agente de alterações da paisagem, nas condições geomorfológicas, sobretudo em ambiente fluviais, como é observado em todos os pontos do PAR-Ru, em especial a partir do ponto 5. Autores, como Tucci (2002), Coelho Netto *et al.* (2015) e Jacobi *et al.* (2015), indicam que concentração urbanisticamente desordenada tem gerado diversos conflitos e problemas tais como, degradação de mananciais, contaminação dos rios por esgoto doméstico, industrial e pluvial, enchentes urbanas decorrentes da ocupação inadequada do espaço e da gestão deficiente da drenagem e deficiência na coleta e disposição de resíduos urbanos. Em contrapartida, o trabalho de Rocha, Barroso e Rubim (2024), que avaliaram a bacia do rio Puraquequara em Manaus por meio do PAR, revelou que a maioria dos locais analisados se apresentou “preservada”, e que corroborou com as análises dos parâmetros físico-químicos da água, visto ser uma área com pouca pressão urbana, e com baixa densidade populacional.

Em relação aos parâmetros analisados, em geral, o critério com melhor e pior avaliação são, respectivamente, “soterramento” (14 em ambos os períodos), enquanto as menores notas foram atribuídas “estado de conservação da vegetação do entorno” (2,3 em ambos). Tal fato decorre da retirada da vegetação, a qual é intensificada de montante a jusante, em especial após com a introdução de medidas de cimentação da margem e outras alterações estruturais de engenharia, no ponto 5 em diante. Tais características quando associadas a dinâmica de precipitação da cidade, na qual está tendo a tendência de menor quantidade de dias chuvosos, contudo, com concentração da sua precipitação (SANTOS *et al.*, 2012; D’ÁVILA JUNIOR e VIEIRA, 2019), pode ocasionar intensificação de eventos como alagamentos e inundações.

A análise da água pelos parâmetros propostos no PAR indicou resultados alarmantes, visto que a pontuação máxima a ser atingida pelo PAR-Ru aplicado é de 240 pontos, e no curso principal da bacia dos Educandos o somatório total foi de 101,42 no primeiro campo (Tabela 1) e posteriormente de 94,75, no segundo campo (Tabela 2), o que classifica o curso de água como regular.

Tabela 1: Pontuação do PAR-R dos cursos médio e baixo do canal principal da boca do Educandos, Manaus (AM)

PARÂMETROS			Sem Intervenção estrutural				Com intervenção estrutural						Parâmetro	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Média
1	Substrato e/ou habitats disponíveis		16	16	14	14	12	2	1	5	3	3	86	9
2	Soterramento		19	19	18	18	11	10	11	11	12	12	141	14
3	Regimes de velocidade/profundidade		13	12	10	10	10	9	9	7	7	9	96	10
4	Deposição de sedimentos		15	14	14	11	11	10	10	12	13	19	129	13
5	Condições de escoamento no canal		12	12	11	10	10	11	10	10	14	19	119	12
6	Alterações no canal		17	17	15	15	8	8	8	8	7	13	116	12
7	Estabilidade das margens	MD	9	5	4	3	8	8	7	7	7	7	131	13
		ME	8	5	3	4	8	8	7	7	7	7		
8	Proteção das margens pela vegetação	MD	8	2	2	2	1	0	1	2	2	2	41	4
		ME	7	1	1	1	1	0	1	2	2	2		
9	Estado da conservação da vegetação do entorno	MD	6	1	2	1	0	0	0	0	0	0	23	2
		ME	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0		
10	Aspectos da água	Cor	7	7	6	6	5	5	5	6	6	6	111	11
		Odor	8	5	6	4	5	6	4	4	4	4		
11	Resíduos sólidos		17	14	12	10	9	9	8	5	8	8	98	10
12	Efluentes		20	15	10	4	4	4	4	2	8	8	79	8
	Total por ponto		189	147	130	118	110	97	95	93	109	129	1217	122
	Média por ponto		15,75	12,25	10,83	9,83	9,17	8,08	7,92	7,75	9,08	10,75	101,42	10,14
	Total por segmento		589,00				523,00							
	Média por segmento		12,27				8,79							
	Total PAR-R		101,42											
	Média do PAR-R		10,53											

O fator meteorológico e climatológico foi relevante, pois entre um monitoramento e outro algumas características mudaram devido à quantidade de água no canal. A primeira aplicação ocorreu em fevereiro, na estação chuvosa, conhecida regionalmente como inverno amazônico, que aumenta o nível dos rios; e a segunda avaliação, realizada em outubro, estação seca, chamada de verão amazônico, pela redução de chuvas, propicia uma lâmina d'água menor. Essa dinâmica ressalta algumas características como Aspectos da água (Cor e Odor), que, pela redução da água, tende a

concentrar poluentes, oleosidade, miasmas e aumento da turbidez, além de evidenciar os resíduos sólidos no canal que indicam ação antrópica indevida.

Tabela 2: Pontuação do PAR-R dos cursos médio e baixo do canal principal da bacia do Educandos, Manaus (AM) (Outubro/2020).

PARÂMETROS			Sem Intervenção estrutural				Com intervenção estrutural						Parâmetro	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Médi a
1	Substrato e/ou habitats disponíveis		16	16	14	14	12	2	1	4	3	3	85	8,5
2	Soterramento		19	19	18	18	11	10	11	11	12	12	141	14,1
3	Regimes de velocidade/profundidade		13	12	10	10	10	9	9	7	7	9	96	9,6
4	Deposição de sedimentos		15	14	14	11	9	7	10	12	8	15	115	11,5
5	Condições de escoamento no canal		12	12	11	10	10	11	10	11	14	19	120	12,0
6	Alterações no canal		17	17	15	15	8	8	8	8	7	13	116	11,6
7	Estabilidade das margens	MD	9	5	3	3	8	8	7	7	7	7	130	13,0
		ME	8	5	3	4	8	8	7	7	7	7		
8	Proteção das margens pela vegetação	MD	8	2	2	2	1	0	1	2	2	2	41	4,0
		ME	7	1	1	1	1	0	1	2	2	2		
9	Estado da conservação da vegetação do entorno	MD	6	1	2	1	0	0	0	0	0	0	23	2,3
		ME	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0		
10	Aspectos da água	Cor	6	5	5	5	4	5	4	6	6	6	106	10,6
		Odo r	6	5	5	5	5	6	5	5	5	5	53	5,3
11	Resíduos sólidos		17	14	12	10	8	8	6	4	7	7	95	9,3
12	Efluentes		20	15	10	4	4	4	4	3	8	8	82	8,0
Total por ponto			185	143	126	114	102	86	86	85	95	115	1137	114
Média por ponto			185	143	126	114	102	86	86	85	95	115	94,75	9,48
Total por segmento			568,00				467,00							
Média por segmento			11,83				7,90							
Total PAR-R			94,75											
Média do PAR-R			9,86											

Pontuação: Ruim = 0 a 5,99; Regular = 6,0 a 10,99; Boa = 11,0 a 15,99; Ótima = 16,0 a 20.

Também foi realizada a média das seções sem e com a intervenção estrutural de engenharia, que nesse caso englobam ações como cimentação do leito e margens, retificação do canal e uso de estruturas, como muro de gabião para estabilidade das margens. Numa análise mais detalhada, separando-se as notas das áreas não-afetadas e afetadas por mudanças estruturais, têm-se os valores 12,17 e 8,78 (período chuvoso) e 11,83 e 7,90 (período de estiagem), que as classifica como **Boa** e **Regular**, respectivamente, para setores que passaram pelas alterações das obras do Prosamim e aqueles que não passaram. Apesar do intuito das ações, em especial nos pontos afetados pelo referido programa (Pontos de 5 a 7, e 9 a 10), o que se observa é que a qualidade ambiental decaiu consideravelmente na área afetada pelas alterações morfológicas do canal. A transição entre os dois períodos hidrológicos fica mais evidente ao se comparar 10,53 e 9,86, para o período chuvoso e de estiagem.

Em ambos os protocolos, o ponto 01 apresenta melhor avaliação, com notas 15,75 e 15,50, respectivamente aos monitoramentos nas estações chuvosa e seca. Isso se explica pela sua localização e melhor estado de conservação, tanto das margens, quanto da água, pois apresenta poucos indícios de poluição derivada de águas servidas, esgoto e resíduos sólidos.

Figura 9: Notas do PAR- Ru, com as notas dos monitoramentos de fevereiro (estação chuvosa) e outubro (estação seca).



Org.: Autores, 2024.

É importante salientar que mesmo os pontos sem as modificações estruturais de engenharia apresentaram fragilidades, que refletiram em suas pontuações. Como observado por Pedroso e Colesanti (2017), que trabalharam com uma variação do Protocolo de Avaliação de Rios em uma bacia hidrográfica em Goiás, pontos mais distantes de áreas urbanas apresentaram fragilidades que se refletiram em suas pontuações, visto seu uso constante por distintas atividades nas proximidades da

rede de drenagem analisada pelos autores. E isso se aplica à realidade estudada, pois, os parâmetros que tratam das margens e da mata ciliar reduzem suas notas substancialmente após o ponto 2 e novamente após o ponto 5, apresentando valores classificados como “ruins”. Tal fato é algo que tem íntima relação com o processo de urbanização e pressão fundiária que as APPs sofrem, coadunando com o trabalho de Calvo (2018), que indicava que o curso principal da bacia do Educandos ao desembocar no rio Negro apresentava contaminação tanto por resíduos domésticos como industriais.

Tal dinâmica foi encontra em estudos de Campos e Nucci (2021), que aplicaram o PAR em ambiente urbano, na bacia do rio Palmital, e cujos resultados nos quatro pontos analisados revelaram alterações antrópicas no canal fluvial, em especial, devido a construções como pontes sobre o rio, além da presença de muitos resíduos sólidos, tanto no canal, quanto nas margens.

CONCLUSÕES

A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios caracteriza-se enquanto uma metodologia de fácil aplicação e baixo custo financeiro, considerando aspectos mais tangíveis e visíveis dos canais fluviais. Contudo faz-se necessário a avaliação dos parâmetros a serem utilizados na aplicação, considerando tanto aspectos hidro-geomorfológicos, ecossistêmicos e mesmo urbanos para uma melhor aferição da qualidade da água e do ambiente fluvial, que engloba além do rio, as margens e área ciliar. Nesse sentido, a experiência de aplicação de PAR-Ru em rio em sítio urbano e em ambiente amazônico traduz-se como algo pioneiro, em especial, pelas adaptações feitas no protocolo do PAR-R, com a inserção dos parâmetros “Resíduos sólidos” e “efluentes”, duas características muito pertinentes em ambiente urbano. Outro ponto relevante jaz no uso do protocolo como ferramenta de monitoramento ambiental, tendo sido realizado em dois momentos hidro-meteorológicos distintos (verão e inverno), enquanto análise sazonal.

Por meio do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios – PAR-Ru, adaptado ao contexto amazônico e urbano, foi possível diagnosticar, em dois momentos do ciclo hidrológico, as condições do canal principal da bacia do Educandos, sendo esta variação importante no contexto amazônico. O PAR-Ru mostrou o quanto a qualidade do ambiente fluvial piorou no período de estiagem. Assim, as condições de integridade do ambiente fluvial do canal variaram de boa a regular, de montante para jusante. O parâmetro de “Resíduos sólidos”, que teve acréscimo devido a lâmina d’água mais baixa, a qual possibilitou perceber com mais facilidade os resíduos no leito canal, assim como a menor vazão dificulta o transporte deles a jusante.

Tal cenário se deve, em especial, às alterações relacionadas às obras do Prosamim, que apesar de ser um marco histórico na evolução da paisagem da cidade e que teve como objetivo o desenvolvimento humano e a recuperação dos canais fluviais (igarapés) e seus afluentes, parece não ter sido bem-sucedido. Ocorreu sim o “embelezamento” de algumas áreas, por meio da remoção das

palafitas às margens dos rios. Intervenções, que, a priori, tinham como intuito a revitalização do canal, alteraram suas características originais, como forma do canal, presença de mata ciliar original e conservação das margens, diminuindo a qualidade ambiental.

O que se comprova a partir dos dados do PAR-Ru no qual os pontos abrangidos pelas mudanças infraestruturais de engenharia tiveram as notas mais baixas, em especial pela redução de vegetação nas áreas ciliares e aumento de efluentes e resíduos sólidos. Nesse sentido, o protocolo adaptado ao contexto urbano mostrou que os trechos do rio alterados pelo Poder Público via Prosamim obtiveram as piores notas, comparados aos segmentos com habitações ou “construções ciliares”, pois a ocupação das APPs, apesar de não ser algo positivo, não alterou a forma do canal, enquanto as obras de engenharia modificaram todas as condições naturais do canal.

Ainda assim, o PAR-Ru conseguiu identificar melhorias na qualidade do ambiente fluvial após implantação de medidas referentes ao Prosamim. Nesse caso, elenca-se o parâmetro “Estabilidade das margens”, que apresentou bons resultados. Devido as obras de engenharia, com a cimentação das margens, houve estabilidade, ainda que não fosse de ordem natural. Nesse sentido, o protocolo revelou que, dentre os objetivos de revitalização do canal pelo projeto, apenas um parâmetro conseguiu ser mensurado de forma positiva, pois a “proteção das margens pela vegetação”, o “estado da conservação da vegetação do entorno” e os “regimes de velocidade/profundidade” tiveram piora considerável após as intervenções infraestruturais.

Apesar de tais constatações serem pontuais, elas representam situações que ocorrem em outros afluentes que estão “encaixados” em meio a densa malha urbana na qual a bacia está. Isto sendo observado em imagem de um afluente no ponto 07, o qual já se apresenta altamente poluído e com coloração da água alterada (cor cinza) em consideração a original (cor preta). Observou-se que, até mesmo pontos sem a alteração por obra de engenharia, apresentaram fragilidades em decorrência da pressão urbana nos canais, como seu uso para despejo de efluentes domésticos.

O PAR-R como ferramenta de diagnóstico e monitoramento mostrou-se útil, pois pode ser adaptado às questões locais e aplicado de forma rápida e com baixos custos. Seus resultados podem ser comparados com os de outros cursos de água, seja da mesma bacia ou de outras da mesma região. A aplicação dessa metodologia, enquanto monitoramento ambiental, forneceu além de um retrato, um panorama das características básicas sobre a saúde do ambiente fluvial e de seu entorno, em especial mostrando a partir dos dados como a pressão urbana afeta negativamente o canal fluvial.

Essa abordagem pode ser fundamental para apontar áreas prioritárias para coletas e análises de caráter mais quantitativo, considerando padrões físico, químicos e biológicos da água. O resultado do protocolo é uma ferramenta a ser usada na priorização de pontos para maior atenção do poder público enquanto alvo de ações para retirada de resíduos sólidos do canal, ou com estações de tratamento de esgoto.

É importante destacar que o PAR- Ru, como mencionado anteriormente, é uma ferramenta de baixo custo, fácil de aplicar após treinamento, e oferece resultados tanto quantitativos quanto qualitativos. Quando associados a outras análises, como a físico-química da água, informações sobre o uso e ocupação do solo, incluindo as áreas de preservação permanente, e dados censitários, especialmente sobre esgotamento sanitário e coleta de lixo, o PAR pode fornecer uma visão mais clara da qualidade atual do ambiente, suas causas e as perspectivas para o futuro.

REFERENCIAS

ANDRADE FILHO, Valdir Soares; OLIVEIRA, José Aldemir; MOLINARI, Deivison Carvalho. MODIFICAÇÕES NA REDE DE DRENAGEM DE CANAIS FLUVIAIS URBANOS: AS OBRAS DO PROSAMIM NO IGARAPÉ MESTRE CHICO NA CIDADE DE MANAUS, AM (Modifications to the drainage system of urban waterways: the PROSAMIM public works project in the Mestre Chico...). **Acta Geográfica**, v. 5, n. 9, p. 135-148, 2011

BIZZO, M. O. R.; MENEZES, J.; ANDRADE, S. F. Protocolos De Avaliação Rápida De Rios (PAR). **CADEGEO**, v. 04, n. 1 p. 05-13, 2014.

BOTELHO, R. G. M. Qualidade Do Ambiente Fluvial Em Área Urbana Por Meio Da Aplicação De Um Protocolo De Avaliação Rápida: O Caso Do Riacho Macarrão, Juazeiro (BA). In: CARVALHO, Luzineide, D. (Org.). **Convivência e Cidade: Questões do Verde Urbano no Semiárido Brasileiro**. 1. ed. Juazeiro: Oxente, 2017, p. 158-193.

BOTELHO, R. G. M. Diagnóstico Das Lagoas Do Sítio Urbano De Juazeiro (BA) Por Meio Da Aplicação De Um Protocolo De Avaliação Rápida. In: CARVALHO, Luzineide, D. (Org.). **Convivência e Cidade: Questões do Verde Urbano no Semiárido Brasileiro**. 1. ed. Juazeiro: Oxente, 2017, p. 128-157.

BOTELHO, R. G. M.; TOSTO, K. L.; RANGEL, L. A. Protocolo De Avaliação Rápida (PAR): O Método E Suas Aplicações. In: Fábio Giusti Azevedo De Britto; Letícia De Carvalho Giannella; Rogério Dos Santos Seabra. (Org.). **Análise Ambiental e Gestão do Território: Contribuições Teórico-Metodológicas**. 1. ed. Rio De Janeiro: IBGE, 2018, P. 217-266.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.; MORENO, P.; GOULART, M. D. C.; PETRÚCIO, M. Aplicação De Um Protocolo De Avaliação Rápida Da Diversidade De Habitats Em Atividades De Ensino E Pesquisa (MG – RJ). **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 14, n. 1, 2002, p. 91-98.

CAMPOS, J.C.; NUCCI, J.C.. PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DE RIOS URBANOS (PARU) COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL. GOT: **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 21, p. 121, 2021. Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2021.21.005>.

CARRENO, P. M. L. P.; BOTELHO, R. G. M. A. Contribuição do método qualitativo para a avaliação da saúde dos corpos hídricos: a aplicação do PAR na bacia do Alto Rio Preto. In: **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Limnologia**, Natal (RN), 2011.

COELHO NETTO, A. L.; SCHLEE, M. B.; MENA JARA, S. D.; MARTINEZ, M. I.; SILVA JÚNIOR, O. P. Gestão ambiental e regeneração de rios urbanos, estudo de caso Sertão do Rio das

Pedras, no Rio de Janeiro. In: **Anais I Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos: propostas para o Ribeirão Jaguaré**. São Paulo: Escola Politécnica/ Universidade de São Paulo (USP), 2015.

CALVO, B. D. R. Avaliação da influência antrópica na drenagem do Igarapé do Quarenta e Orla de Manaus. **2018**. 111 f. **Dissertação** (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

DAVILA JUNIOR, J. C. M.; VIEIRA, A. F. S. G. Padrões pluviométricos da cidade de Manaus-AM: 1986 a 2015. **Boletim Paulista de Geografia**, [S. l.], v. 1, n. 102, p. 1–31, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/1508>. Acesso em: 18 out. 2024.

FIRMINO, P. F.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Diagnóstico da integridade ambiental de trechos de rios localizados no município de Ipameri, sudeste do Estado de Goiás, através de um protocolo de avaliação rápida. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology (Impresso)**, v. 15, n. 2, p. 1-12, 2011.

FRANCA, L. O.; et al. Diagnóstico ambiental do Córrego do Açude, Orizona-GO, por meio de um protocolo de avaliação rápida de rios. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 7, n. 1, p. 32-44, 2013.

FRAXE, T. J. P. **Homens anfíbios: etnografia de um campesinato das águas**. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2000. v. 1. 192 p.

FROTA FILHO, A. B. da. Ações modificadoras e seus impactos no ambiente fluvial do Igarapé do Educandos, Manaus (AM). **2021**. 110 f. **Monografia** (Especialização) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE), Rio de Janeiro, RJ, 2021.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. Rapid assessment protocols of rivers as instruments of environmental education in elementary schools. **Revista Ambiente e Água**, v. 12, n. 5, p. 801-813, 2017.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. **Cadernos Metrôpole**, v. 17, n. 33, p. 61-81, 2015.

LOBO, E. A.; VOOS, J. G.; ABREU JÚNIOR, E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa. Série Biologia (UNISC)**, v. 23, p. 18-32, 2011.

MELO, E. G. F.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. F. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus-Amazonas. **Caminhos da Geografia (UFU. Online)**, Instituto de Geografia, v. 5, n. 16, p. 40-47, 2005.

OLIVEIRA, J. A. de. **Manaus de 1920 a 1967**. A Cidade Doce Dura Em Excesso. Manaus: Editora Valer – Governo do Estado do Amazonas. Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2003.

PACHECO, J. B.; SANTOS, A. Microbacia do Igarapé do Quarenta em Manaus-AM: análise climatológica e hidrológica. In: OLIVEIRA, J. A.; ALECRIM, J. D.; GASNIER, T. R. J. (Org.). **Cidade de Manaus: Visões interdisciplinares**. Manaus: EDUA, 2003. p. 49-80.

PEDROSO, L. B.; COLESANTI, M. T. M. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios em uma microbacia hidrográfica localizada ao sul de Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 64,

p. 248-262, 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40932>. Acesso em: 2 jan. 2025.

PELECH, A. S.; PEIXOTO, M. N. Rios urbanos: contribuições da antropogeomorfologia e dos estudos sobre os terrenos tecnogênicos. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 65, n. 1, p. 2-22, 2020.

PLANO DE CONTROLE AMBIENTAL – PCA MESTRE CHICO. Programa Social e Ambiental dos Igarapés de Manaus – PROSAMIM. Governo do Amazonas. Secretaria de Estado de Infra-Estrutura. Manaus, 2005. p.188.

QUEIROZ, A. R. **Prosamim: desafios de implantação de infraestrutura de saneamento e ocupação do solo urbano na cidade de Manaus, Amazonas**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010. 147 p.

ROCHA, M. D. P. da; BARROSO, A. da S.; RUBIM, M. A. L. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios (PAR) para análise da integridade ambiental do rio Puraquequara, AM. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, [S. l.], v. 22, n. 8, p. e6140, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n8-032. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/6140>. Acesso em: 5 fev. 2025.

ROSA, N. M. G.; MAGALHÃES JR., A. P. Aplicabilidade de protocolos de avaliação rápida (PARs) no diagnóstico ambiental de sistemas fluviais: o caso do Parque Nacional da Serra do Gandarela. **MGCaderno de Geografia**, v. 29, p. 441-464, 2019.

RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida de rios e a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 143-155, 2008.

RODRIGUES, A. S. L.; CASTRO, P. T. A. Protocolos de avaliação rápida: instrumentos complementares no monitoramento dos recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Ouro Preto, v. 13, n. 1, p. 161–170, 2008.

SANTOS, C. A. C. dos; SATYAMURTY, P.; SANTOS, E. M. dos. Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM. **Revista Acta Amazônica**, v. 42, n. 3, p. 329-336, 2012.


SIOLI, H. **Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis: Vozes, 1985.

SOUZA, J. C. S. Modificações no padrão de drenagem da microbacia do Passarinho - Manaus (AM): a formação de barras sedimentares tecnógenas por deposição de resíduos sólidos. **2014. 102 f. Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2014.


TORREZANI, L. Avaliação da contaminação antrópica por metais no sedimento de fundo na bacia do Igarapé do Educandos. **2016. Dissertação** (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-28, 2002.

SOBRE OS AUTORES

Armando Brito da Frota Filho  - Graduado em Geografia, com Licenciatura (2009-2013) e Bacharelado (2014-2020) pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Mestre em Geografia pela mesma instituição (2014-2016) e Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) (2017-2021). Possui experiência na área de Geografia, com ênfase em Geomorfologia e Pedologia, atuando principalmente em temas como: Bacias Hidrográficas, Geomorfologia de encostas, Processos erosivos, Vulnerabilidade erosiva, Impactos ambientais, Geodiversidade e geoconservação, mudanças da paisagem e Geografia Física e Ensino. Também possui experiência na área de Educação, com foco em: Formação de Professores, Educação do/no Campo, Sociologia Política da Educação e Política Educacional. Atualmente, é membro da Rede Colaborativa de Formação Continuada (RCFC) da SEMED-Manaus, atuando como professor formador no componente de Geografia para os Anos Finais e Educação do campo .

E-mail: armandofrota.filho@gmail.com

Rosangela Garrido Machado Botelho  - Possui graduação em Geografia (Bacharelado e Licenciatura) pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Doutorado (2003) em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP) e Pós-Doutorado (2020) em Patrimônio Geológico e Geoconservação pela Universidade do Minho (Portugal). Geógrafa da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) junto à Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais desde 2002 e Professora Colaboradora do Curso de Pós-Graduação em Análise Ambiental e Gestão do Território da Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) desde 2003. Atualmente, é membro do Comitê Executivo Nacional do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevô. Suas áreas de atuação e linhas de pesquisa envolvem estudos sobre: solo, geomorfologia, bacia hidrográfica, análise ambiental, geopatrimônio e geoconservação.

E-mail: rgmb2008@hotmail.com

Data de submissão: 01 de setembro de 2025

Aceito para publicação: 29 de novembro de 2025

Data de publicação: 15 de dezembro de 2025