



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Avaliação de impactos ambientais nas nascentes do rio Castanhal no município de Castanhal-PA

Yuri das Neves Guimarães¹, Isabelle Brasil Félix², Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez³, Francianne Vieira Mourão⁴, Hebe Morganne Campos Ribeiro⁵

¹Universidade do Estado do Pará, e-mail: yuriuepa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8549-4120>. ²Universidade do Estado do Pará, e-mail: isabellefelix455@gmail.com/<https://orcid.org/0000-0001-8932-5159>. ³Doutorado em Geologia e Geoquímica, e-mail: lucyanegutierrez@uepa.br <https://orcid.org/0000-0002-4199-1977>. ⁴Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais, e-mail: francianne.mourao@uepa.br <https://orcid.org/0000-0001-5651-5407>. ⁵Doutorado em Engenharia Elétrica Com Ênfase Em Hidrelétricas, e-mail: hebemcr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-7154-9947>.

Artigo recebido em 05/01/2024 e aceito em 16/08/2024

RESUMO

As nascentes desempenham um dos principais papéis para a manutenção do ciclo hidrológico. Nesse sentido, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto ambiental nas quatro nascentes do Rio Castanhal, localizado no município de Castanhal, Estado do Pará por meio do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN) e do Índice de Qualidade da Água (IQA). Os resultados obtidos por meio do IIAN, demonstraram que apenas a nascente N1 possui classificação como boa, enquanto as nascentes N2, N3 e N4 obtiveram classificação D – ruim, isso ocorreu devido aos parâmetros cor e odor apresentarem peso 2 para as nascentes da classe D e peso 3 para a nascente N1. Com relação ao IQA foi constatado que as nascentes N1 e N4 possuíram IQA igual a 64 e 52 respectivamente, dentro dos limites da classe boa, enquanto as nascentes N2 e N3 obtiveram IQA igual a 39 e 51, nessa ordem, assim se enquadraram na classe razoável, essa diferença de classes ocorreu principalmente pela alteração no parâmetro de pH e OD. Assim, constatou-se que a nascente N2 apresenta maior grau de impacto ambiental quando comparada as demais nascentes. Dessa forma, para que os impactos sejam diminuídos, propõe-se a elaboração de um programa permanente de educação ambiental, acompanhamento contínuo dos órgãos fiscalizadores, além de instalação de cercas no local.

Palavras-chave: Nascentes, IIAN, IQA.

Assessment of environmental impacts on the springs of the Castanhal river in the municipality of Castanhal-PA

ABSTRACT

The springs play one of the main roles in maintaining the hydrological cycle. This research aimed to evaluate the environmental impact on the four springs of the Castanhal River, located in Castanhal, Pará State, through the Index of Environmental Impact on Springs (IIAN) and the Water Quality Index (WQI). The results obtained from the IIAN showed that only the N1 spring was classified as good, while the N2, N3 and N4 springs were classified as D - bad. This occurred because the parameters color and odor had a weight of 2 for the D class springs and weight 3 for the N1 spring. Regarding the IQA, it was found that the N1 and N4 springs had IQA equal to 64 and 52, respectively, within the limits of the good class, while the N2 and N3 springs had IQA equal to 39 and 51, in this order, thus fitting into the reasonable class. Thus, it was found that the N2 spring presents a higher degree of environmental impact when compared to the other springs. Thus, in order to reduce these impacts, we propose the development of a permanent program of environmental education, continuous monitoring of the inspection agencies, as well as the installation of fences in the area.

Keywords: Springs; IIAN; IQA.

Introdução

As bacias hidrográficas são áreas do território ou de uma região formadas por um rio principal e seus afluentes. As bacias hidrográficas são separadas por modificações do relevo e são localizadas sob cotas topográficas mais elevadas. Essas formações naturais são compostas por

nascente, rio principal, divisores de águas, afluentes e foz (Carvalho, Marangon & Santos, 2021).

Acerca dessa ótica, as nascentes, comumente chamadas de mananciais, minas ou olhos d'água caracterizam-se como aflorações dos lençóis

subterrâneos que constituem os cursos hídricos. As diferentes formas de distribuição estão ligadas a vários fatores, como clima, topografia, geologia, vegetação e uso do solo. Podem ser perenes (fluxo contínuo), temporárias (apenas na estação chuvosa) ou efêmeras (durante a chuva, por poucos dias ou horas) (Silva et al., 2022).

Dentre todos os componentes de uma bacia hidrográfica, destacam-se as nascentes, pois são, majoritariamente, o principal componente de recarga hídrica para os cursos d'água, sobre isso, as nascentes podem ser classificadas de algumas maneiras como, por exemplo, nascentes perenes, intermitentes e efêmeras (Holanda & Sales, 2021).

A dinâmica das nascentes é fundamental para o ciclo hidrológico, pois a redução delas pode afetar direta e significativamente os rios e, por consequência, a dinâmica das bacias hidrográficas. As nascentes são caracterizadas como afloramentos superficiais que precisam da cobertura do solo e da precipitação para manterem-se providas e produtivas (Oliveira, Moreira & Nunes, 2023).

Ademais, a água subterrânea oferecida por meio de afloramentos desempenham diversos serviços, como o abastecimento de água, além de ser capaz de diluir e amenizar contaminantes. As águas subterrâneas e superficiais com boa qualidade são essenciais à saúde de uma população (Riboli et al., 2023).

Sob esse aspecto, é válido ressaltar que a bacia hidrográfica é caracterizada pela Lei Nacional 9.433/97 como um elemento fundamental para o zoneamento urbano, pois trata-se de um sistema aberto, onde a movimentação de matéria e energia é dinâmica intensamente dependente do solo. Nesse sentido, o gerenciamento das águas, adaptado de acordo com as características e usos do solo, tem o potencial de exercer um impacto significativo em todo o sistema (Von Adamek et al., 2024).

A dinâmica social em relação ao zoneamento urbano é fundamental para uma melhor avaliação de elementos e processos que ocorrem nas bacias hidrográficas, especialmente no contexto do planejamento ambiental. As bacias hidrográficas permitem uma análise integrada das atividades antrópicas sobre o ambiente e seus desdobramentos no balanço hidrológico existente no sistema retratado pela bacia hidrográfica (Silva & Martins, 2021).

Com relação à proteção das nascentes, o Código Florestal de 2012 em seu texto inicial estabelecia APP para nascentes e olhos d'água perenes e intermitentes. Entretanto, no mesmo ano

foi publicada a Lei nº 12.651, de 2012, que foi posteriormente alterada pela medida Provisória nº 571, de 2012, e convertida na Lei nº 12.727, de 2012, que extinguiu a APP no entorno de olhos d'água intermitentes e nas margens de cursos d'água efêmeros (Brasil, 2012).

Assim, a diferença conceitual entre olhos d'água tinha como objetivo extinguir a proteção ambiental sobre afloramentos intermitentes de água já que o Código Florestal de 2012 alterado pela Lei nº 12.727, de 2012, somente protegia afloramentos perenes. Tal fato gerou uma nova lacuna técnica: ausência de critérios para definição da perenidade dos afloramentos.

Contudo, em 28.02.2018 o Supremo Tribunal Federal (STF) no julgamento da Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADI) nº 4903 fixou interpretação conforme a Constituição para declarar que “os entornos das nascentes e dos olhos d'água intermitentes configuram área de preservação ambiental” (Brasil, 2018), resolvendo a referida lacuna.

Sob esse aspecto, o IIAN surgiu em 2005 a partir de um estudo realizado por Gomes, Melo e Vale na cidade de Uberlândia – MG. Os parâmetros para avaliação do grau de conservação das nascentes incluem cor/odor da água, material flutuante, presença de óleo, esgoto e lixo, quantidade de vegetação existente, uso por animais e humanos, tipo ou ausência de proteção, acesso e proximidade de residências (Gomes et al., 2005). Esses parâmetros macroscópicos foram posteriormente confirmados e expandidos por Reis et al. (2021), que reforçaram a importância desses indicadores para avaliar o estado de conservação das nascentes em áreas de proteção ambiental.

Nesse viés, a análise dos parâmetros revela os impactos socioambientais nas nascentes, considerando as variáveis ligadas ao avanço das atividades agropecuárias e urbanas em direção às áreas de nascentes, determinando o tamanho do impacto nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) (Carvalho et al., 2021). Com isso, o IIAN visa identificar, por meio de parâmetros macroscópicos, as principais causas de impactos; o grau de interferência, bem como, classificar as nascentes quanto ao grau de preservação (Fonseca e Gontijo, 2021).

Com a finalidade de complementar os resultados obtidos por meio do IIAN, surgem inúmeras adaptações com outras metodologias. Nesse sentido, elas variam de acordo com o objetivo do estudo, que no geral é a busca pela obtenção de um diagnóstico real sobre o estado das nascentes (Reis et al., 2021).

A junção do Índice de Impacto Ambiental Negativo (IIAN) com o Índice de Qualidade da Água (IQA) representa uma estratégia promissora para avaliar e monitorar a saúde dos recursos hídricos de forma mais abrangente e integrada. O IQA, concebido nos Estados Unidos pela National Sanitation Foundation em 1970, foi pioneiro ao oferecer um indicador holístico da qualidade da água, incorporando variáveis físicas, químicas e biológicas (Bazilio et al., 2023).

Este índice tem sido amplamente utilizado e adaptado, como demonstrado por Bobato et al. (2023), que avaliaram a qualidade da água superficial em áreas rurais e urbanas no noroeste do Rio Grande do Sul, destacando sua importância para o monitoramento em diferentes contextos ambientais.

Nesse sentido, este índice combinou a opinião de um grupo de 142 especialistas da área de qualidade da água, de maneira anônima. Assim, cada participante precisou selecionar entre 35 parâmetros de uma lista quais deveriam ser incluídos ou não para o cálculo do índice (Mendes, 2021).

No Brasil, surgiram adaptações do Índice de Qualidade da Água (IQA), destacando-se as da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Essas adaptações incorporaram nove variáveis relevantes definidas pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e são calculadas pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes a essas variáveis. A ausência de qualquer uma dessas variáveis inviabiliza o cálculo do IQA e do IQANSF (CETESB, 2007). Estudos recentes, como os de Matos et al. (2023) e Quinelato et al. (2021), destacam a importância dessas adaptações para o monitoramento e gestão da qualidade da água em diferentes contextos regionais.

Além disso, o IQACETESB por ter como foco principal o abastecimento público, não demonstra absolutamente a qualidade em nível de ecossistema. Visto que o cálculo dele pode apresentar resultados com índices tendenciosos para cada local de estudo, uma vez que os parâmetros de potencial hidrogeniônico (pH) e oxigênio dissolvido (OD) são considerados inadequados para indicar a qualidade da água da área estudada. Estes são importantes variáveis constituintes da equação de IQA, os quais, juntos, representam 29% do peso dessa metodologia, valor

esse bastante alto para dois elementos tidos como inapropriados (Cideira-Neto et al., 2022; Souza et al., 2023).

Com o aumento da urbanização, especialmente em regiões onde as nascentes estão localizadas, há uma tendência de aumento na demanda por recursos hídricos, o que pode resultar em maior exploração dessas fontes naturais (Lima & Silva, 2023). Além disso, o desenvolvimento urbano muitas vezes traz consigo práticas de uso do solo que podem comprometer a qualidade e a quantidade de água disponível nas nascentes, como a impermeabilização do solo, o desmatamento e a poluição.

A urbanização descontrolada nas proximidades das nascentes do Rio Castanhal, no município de Castanhal-PA, está associada a um aumento significativo no grau de impacto ambiental nessas áreas, refletindo negativamente na qualidade da água e na preservação desses importantes recursos hídricos.

Assim, a presente pesquisa tem como objetivo verificar o grau de impacto ambiental nas nascentes do Rio Castanhal no município de Castanhal-PA, pois, é notória a necessidade de estudos sobre áreas ao entorno de nascentes visto que elas são importantíssimas na constituição e manutenção dos corpos hídricos. Além disso, avaliar o estado de preservação das nascentes, sobretudo, as que estão dentro dos centros urbanos é fundamental para preservação, conservação e/ou recuperação destas.

Material e métodos

Métodos aplicados

A presente pesquisa se desenvolveu sobre uma base lógica indutiva, pois parte de um caso particular para uma conclusão mais ampla, essa conclusão ocorre por meio de dados suficientemente constatados. Sobre a natureza, a pesquisa tem caráter exploratório de levantamento de dados, utilizando uma abordagem quantitativa (Prodanov e Freitas, 2013).

As etapas da pesquisa estão dispostas na figura 1, onde é possível observar que o ponto de partida foi a formulação e planejamento da pesquisa com o final na fase de análise e discussão dos resultados.

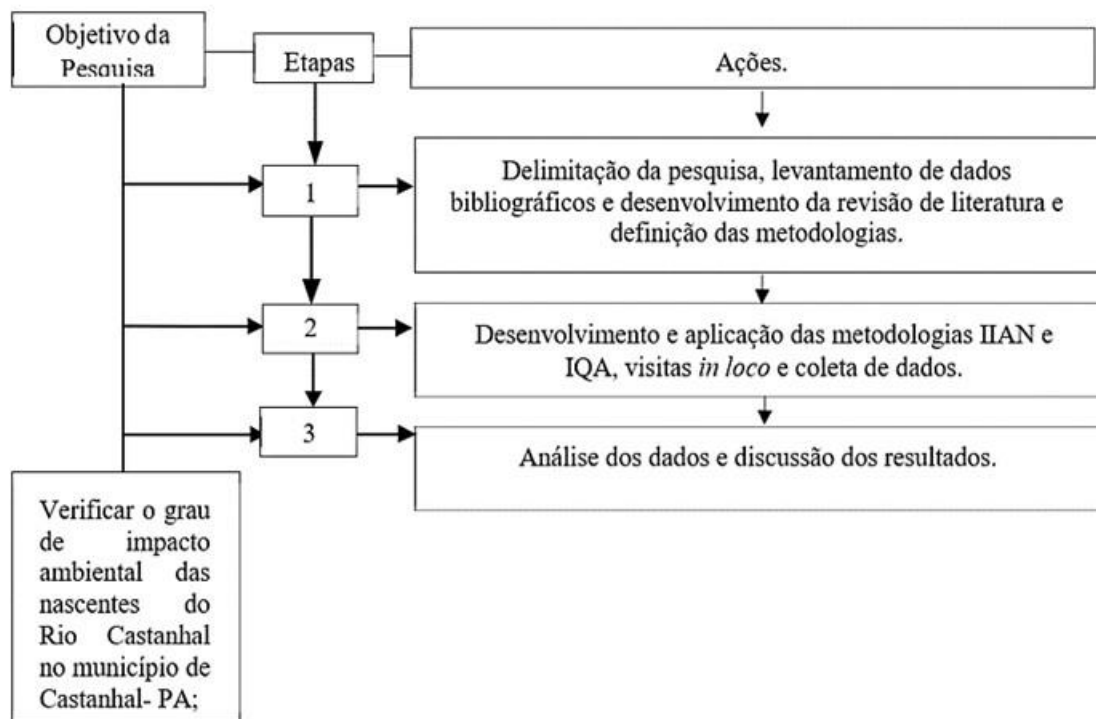


Figura 1- Fluxograma das etapas aplicadas para o desenvolvimento dos métodos.

Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Castanhal-PA, a 74,6 km de distância da capital do Estado, no bairro Estrela, as margens da avenida

Primeiro de Maio (figura 2). Ademais, o local onde as nascentes, objeto do estudo, encontram-se é popularmente conhecido como Camping do Ibirapuera.



Figura 2: Mapa de localização das nascentes.

No que se refere a vegetação, a área possui a predominância de espécies arbustivas,

característica de vegetação secundária tardia, assim como, algumas árvores de médio porte. É válido

Guimarães, Y. N., Félix, I. B., Gutierrez, L. A. C. L., Mourão, F. V., Ribeiro, H. M. C.

salientar que o espaço é uma Área de Proteção Permanente (APP), porém, ainda assim possui graves problemas ambientais, sobretudo, nas nascentes e Igarapé Castanhal.

Com relação ao microclima do local, enquadra-se na categoria do equatorial megatérmico úmido, correspondente ao tipo Ami, da classificação de Köppen.

O município de Castanhal, onde as nascentes se encontram, pertence à Mesorregião Metropolitana de Belém e à Microrregião Castanhal. Sua sede Municipal possui as seguintes coordenadas geográficas: 01°17'42" de latitude sul e 47°55'00" de longitude oeste de Greenwich (Costa et al., 2022).

Sobre os solos do município são, em sua totalidade, originários dos sedimentos do Terciário e Quaternário. Há solos de terra firme, destacando-se o latossolo amarelo textura média e Concrecionário Laterítico, além de solos Hidromórficos, encontrados nas várzeas dos rios que servem o município. O latossolo apresenta ocorrência de grande extensão, com solos profundos, bem drenados, com elevada acidez e baixa fertilidade.

No que se refere aos Concrecionários Lateríticos, estes são ácidos, de baixa fertilidade e

ocorrem em pequenas áreas, na maioria das vezes, associados com o latossolo. Acerca da vegetação é representada, predominantemente, pela floresta secundária, proveniente da remoção da cobertura florestal primária para a implantação de cultivos de subsistência.

Atualmente, encontram-se muitas áreas cultivadas com espécies frutíferas, como o maracujá, o mamão Havaí, citros e outras. Ao longo dos riachos e outros corpos d'água, encontra-se a Floresta da Galeria.

Determinação do índice de qualidade da água (IQA)

A metodologia do IQA, foi desenvolvida com a finalidade de avaliar a qualidade da água bruta, visando o uso desta para fins recreativos. Nesse sentido, os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são, em sua maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de efluentes domésticos (CETESB, 2007). O IQA é composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), os quais foram fixados em função da importância dele para a conformação global da qualidade da água (quadro 1).

Quadro 1. Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso. Fonte: CETESB (2007)

Parâmetro de qualidade da água	Peso (w)
Oxigênio dissolvido – OD (mg/L)	0,17
Coliformes termotolerantes – C.T. (NMP/100ml)	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH (-)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/L)	0,10
Temperatura da água – T (°C)	0,10
Nitrogênio total – NT (mg/L)	0,10
Fósforo total – FT (mg/L)	0,10
Turbidez – TU (NTU)	0,08
Sólidos totais dissolvidos-STD (mg/L)	0,08

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a fórmula 1:

Fórmula 1: fórmula de determinação do Índice de Qualidade da Água

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

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas. Um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro. Um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida (resultado da análise);

wi = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1, de forma que:

Fórmula 2: fórmula de determinação do peso de wi

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

sendo n o número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é

indicada pelo IQA, na qual os parâmetros variam numa escala de 0 a 100, representado no quadro 2. Quadro 2. Classificação do IQA. Fonte: CETESB (2007).

Classificação	Ponderação
Ótima	$79 < IQA \leq 100$
Boa	$51 < IQA \leq 79$
Regular	$36 < IQA \leq 51$
Ruim	$19 < IQA \leq 36$
Péssima	$IQA \leq 19$

Quanto a metodologia de análise laboratorial aplicado nos parâmetros avaliados, eles possuem métodos particulares, os quais estão dispostos no

quadro 3, para este estudo, a mensuração do parâmetro temperatura ocorreu no local da coleta de dados.

Quadro 3. Metodologia laboratorial aplicada nos parâmetros. Fonte: CETESB (2007).

Parâmetros	Método
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	SM 4000/4500-O (G)
Coliformes Termotolerante	SM 9000/9223
pH	SM 4000/4500 H+
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	SM23 2017. Método 5210 B
Nitrogênio Total	USEPA3535 A:2007rev.01/USEPA 631
Fosforo total	USEPA and Standard Method 4500-PE
Turbidez	SM 2000/2130B
Sólidos totais dissolvidos-STD	2000/2540C
Temperatura	Termômetro de campo

De acordo com Silva, Lacerda e Oliveira (2022), o objetivo do índice é identificar as principais razões por trás dos impactos, avaliar o nível de influência, medir os fatores macroscópicos e categorizar as nascentes de acordo com seu nível de conservação. Ele é especialmente criado para a avaliação ambiental de nascentes.

A metodologia IIAN pode apresentar diferentes adaptações variando de acordo com o objetivo de cada pesquisa. Para o presente estudo foi aplicada a metodologia tradicional apresentada por Gomes et al. (2005), onde os autores determinaram 13 parâmetros de avaliação macroscópica.

Adicionalmente, os resultados do Índice de Impacto Ambiental em Nascentes (IIAN) são de

fácil compreensão, proporcionando uma visão clara e eficaz da condição ambiental das nascentes examinadas, apesar de sua simplicidade (Fonseca et al., 2023).

Nesse sentido, cada um dos 13 parâmetros possui três diferentes atributos que devem ser observados e avaliados in situ. Assim, conforme o cenário a ser observado em campo determina-se os parâmetros correspondentes e atribui-se a eles um peso que varia de um a três, sendo 3 para o cenário mais conservado, peso 2 para parcialmente conservado e 1 para cenários que apresentem grandes alterações em função das ações antrópicas, conforme observado no quadro 4.

Quadro 4. Parâmetros para avaliação macroscópica.

Quantificação dos parâmetros macroscópicos			
Cor da água	(1) Escura	(2) Clara	(3) transparente
Odor	(1) muito	(2) pouco	(3) sem cheiro
Lixo ao redor	(1) muito	(2) pouco	(3) sem lixo
Material flutuante	(1) muito	(2) pouco	(3) sem Material flutuante
Espumas	(1) muito	(2) pouco	(3) sem espumas
Óleos	(1) muito	(2) pouco	(3) sem óleos
Esgoto	(1) muito	(2) pouco	(3) sem esgoto
Vegetação (preservada)	(1) alta degradação	(2) baixa degradação	(3) preservada
Uso por animais	(1) presença	(2) apenas marcas	(3) não detectado
Uso por humanos	(1) presença	(2) apenas marcas	(3) não detectado
Proteção do local	(1) sem proteção	(2) com proteção, mas com acesso	(3) com proteção, sem acesso
Proximidade com residência ou estabelecimento	(1) menos de 50 metros	(2) entre 50 a 100 metros	(3) mais de 100 metros
Tipo de área inserção	(1) ausente	(2) propriedade privada	(3) parques ou áreas protegidas

Fonte: Gomes et al (2005).

Para a classificação do IIAN devem ser aplicadas as somas dos pesos de cada parâmetro avaliado em campo. Esta soma permite classificar as nascentes em cinco classes, que representam o

estado de conservação mediante os diferentes cenários avaliados, sendo a classe A o melhor cenário e classe E o pior estado de conservação (quadro 5).

Quadro 5. Classificação do grau de preservação das nascentes.

Classes	Grau de preservação	Pontuação final*
A	Ótima	Entre 37 e 39
B	Boa	Entre 34 e 36
C	Razoável	Entre 31 e 33
D	Ruim	Entre 28 e 30
E	Péssimo	Abaixo de 28
(*) notas para os 13 parâmetros observados (através da somatória dos pontos obtidos na quantificação da análise macroscópica).		

Fonte: Gomes et al (2005).

Resultados e discussão

Durante a análise das características físicas das nascentes e de seu entorno, foi observado que o local enfrenta sérios problemas ambientais, incluindo assoreamento do corpo hídrico, presença de resíduos sólidos nas proximidades e contaminação por fezes de animais e possíveis rejeitos de esgoto doméstico.

Essas observações foram feitas durante visitas de campo realizadas em outubro de 2022, considerado o período de menor pluviosidade do ano, conforme mencionado pela FAPESPA (2020). Os pontos de interesse foram marcados com um dispositivo GPS e posteriormente plotados usando ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas), como demonstrado na Figura 3.



A partir da análise dos parâmetros macroscópicos observados em campo quanto as classes de grau de proteção das nascentes apresentados no quadro 2 do IIAN, obteve-se os

resultados do enquadramento de cada nascente, assim como, as classes que elas se enquadram, como pode ser visualizado na tabela 1.

Tabela 1. Resultados obtidos pelo IIAN.

Parâmetros	Nascentes			
	N1	N2	N3	N4
Cor da água	3	2	2	2
Odor	3	2	2	2
Lixo ao Redor	2	3	1	1
Material flutuante	3	2	2	2
Espumas	3	1	3	3
Óleos	3	3	3	3
Esgoto	3	2	3	3
Vegetação	3	3	3	3
Uso por animais	2	2	2	2
Uso p/ humanos	2	2	2	2
Proteção do Local	2	2	2	2
Prox. Com estradas	2	2	2	2
Tipo de área Inserção	3	3	3	3
Total	34	29	30	30
Classe	B	D	D	D

A análise das nascentes N1, N2, N3 e N4, de acordo com a metodologia IIAN, revela diferenças significativas na qualidade da água e na proteção ambiental dessas áreas. A nascente N1 se enquadra na classe B, considerada boa, enquanto as nascentes N2, N3 e N4 estão na classe D, classificadas como ruins. Este enquadramento sugere possíveis problemas ambientais que precisam ser abordados para melhorar a qualidade das nascentes.

Para as nascentes classificadas na classe D (N2, N3 e N4), uma das principais causas atribuídas é o possível lançamento de efluentes domésticos no corpo hídrico. Isso é evidenciado pelos parâmetros de cor da água e odor, que receberam um peso 2 na avaliação. A presença de efluentes domésticos pode introduzir poluentes orgânicos e inorgânicos, comprometendo a qualidade da água e tornando-a inadequada para diversos usos.

Guimarães, Y. N., Félix, I. B., Gutierrez, L. A. C. L., Mourão, F. V., Ribeiro, H. M. C.

Nenhuma das nascentes estudadas possui proteção ao redor, o que pode impactar negativamente a qualidade ambiental das nascentes. A falta de proteção permite a livre circulação de animais e pessoas, o que pode resultar em compactação do solo, destruição da vegetação rasteira e contaminação direta da água.

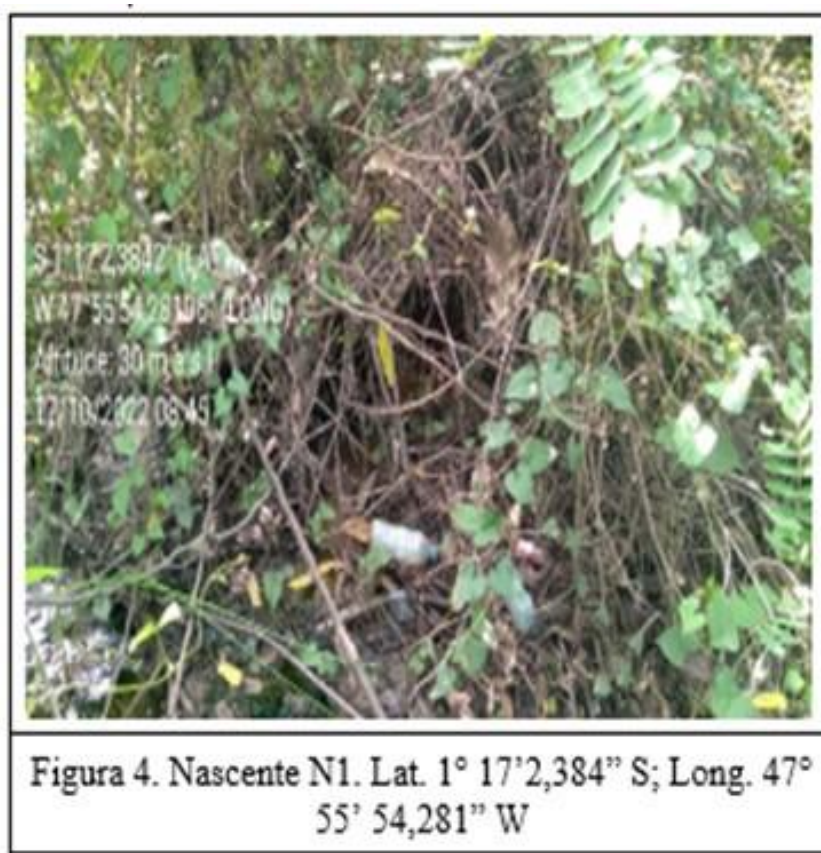
Estudos, como o de Athaydes e Parolin (2021), reforçam a importância de proteger as nascentes com cercas ou outras formas de isolamento. Eles observaram que a totalidade das nascentes investigadas em sua pesquisa não tinham proteção adequada, o que comprometeu a qualidade da água e do entorno. A proteção física serve para preservar a vegetação nativa e evitar o acesso direto de animais, que pode levar à degradação do solo e da vegetação.

Apesar da falta de proteção artificial, a vegetação ripária ao redor das nascentes estudadas encontra-se em bom estado de conservação, sem indícios de supressão vegetal. Visto que a vegetação ripária é crucial para a manutenção da qualidade da água, pois atua como um filtro natural, reduzindo a entrada de sedimentos e poluentes no corpo hídrico. Além disso, a vegetação ajuda a estabilizar as margens, prevenindo a erosão.

Marqueset al. (2021), em um estudo sobre avaliação de nascentes em Santa Bárbara-GO, utilizaram a metodologia IIAN e encontraram que nascentes com pouca ou nenhuma proteção eram as mais degradadas. Esse estudo confirma a correlação entre a falta de proteção e a degradação ambiental, destacando a importância de implementar medidas de proteção para melhorar a qualidade das nascentes.

A análise das nascentes N1, N2, N3 e N4 sugere que a qualidade da água e a proteção ambiental são influenciadas pela presença de efluentes domésticos e pela falta de proteção física. Para melhorar a qualidade das nascentes, é essencial implementar cercas ou outras formas de isolamento para impedir o acesso de animais e pessoas, além de monitorar e controlar o lançamento de efluentes domésticos. A preservação da vegetação ripária também é fundamental e deve ser mantida como uma prática contínua para assegurar a qualidade ambiental das nascentes.

Além disso, as análises mostraram também a presença de resíduos sólidos ao redor das nascentes N1, N3 e N4, enquanto a nascente N2 não apresentou fragmentos de lixo. Essa observação é corroborada pelas figuras 4, 5 e 6.



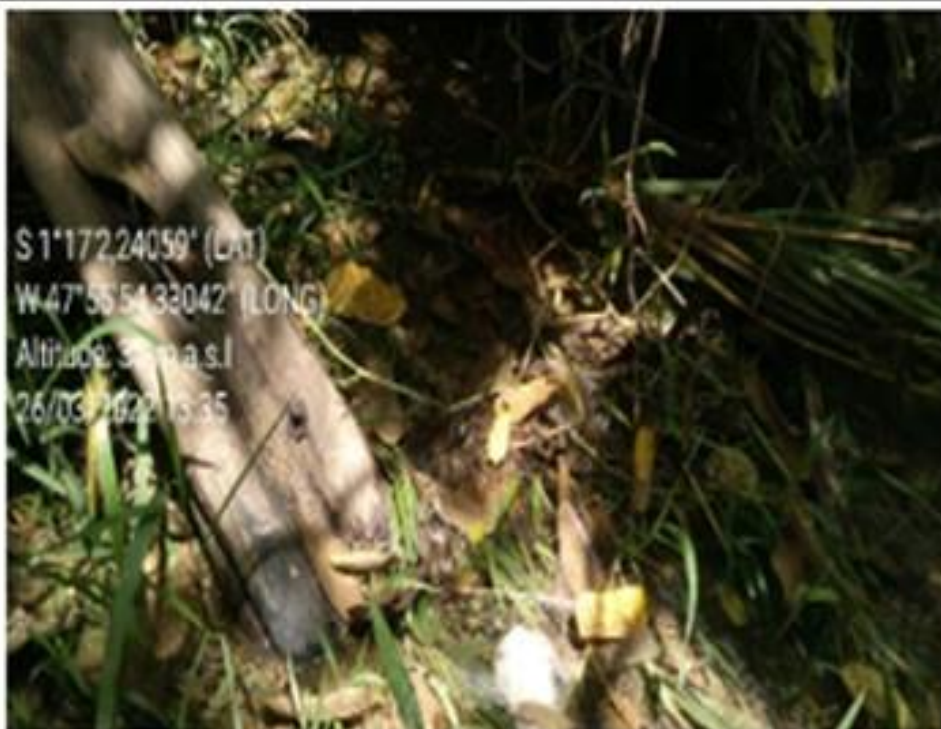


Figura 5. Nascente N2. Lat. $1^{\circ} 17' 2,240''$ S; Long. $47^{\circ} 55' 54,330''$ W



Figura 6. Nascente N3. Lat. $1^{\circ} 17' 2,381''$ S; Long. $47^{\circ} 55' 54,202''$ W

A presença e conservação da vegetação ripária desempenham um papel crucial na proteção das nascentes e na manutenção da qualidade da água. A vegetação ripária atua como uma barreira física e biológica, desempenhando funções essenciais no ecossistema aquático.

A vegetação ripária age como uma barreira física, contendo sedimentos e outras substâncias provenientes do meio terrestre adjacente. Isso é essencial para prevenir a sedimentação excessiva nos corpos hídricos, que pode levar à degradação da qualidade da água e ao assoreamento dos cursos d'água. Conforme destacado por Capoane et al. (2024), essa barreira física é fundamental para a contenção de sedimentos e demais substâncias que poderiam comprometer a integridade dos corpos hídricos.

Além da contenção física, a vegetação ripária funciona como uma área tampão, bloqueando a passagem de agentes químicos potencialmente prejudiciais. Esses agentes químicos, que podem ser carregados pela água da chuva ou por atividades humanas, são filtrados pela vegetação antes de alcançarem os corpos d'água. Esse processo de

filtragem é vital para manter a qualidade da água e proteger os ecossistemas aquáticos de poluentes.

Souza e Gonzalez (2023), em seu estudo na sub-bacia hidrográfica do córrego Caramujo-MT, ressaltam a importância das matas ciliares para a preservação das nascentes. As matas ciliares protegem as nascentes contra a poluição e a degradação, atuando como uma camada de proteção física que impede a entrada de poluentes. A remoção dessas matas pode levar a sérias consequências, como a perturbação, alteração e poluição dos corpos hídricos, evidenciando a necessidade de sua preservação.

Embora a vegetação ripária esteja em bom estado de conservação nas nascentes estudadas, não impediu a presença de resíduos sólidos ao redor das nascentes do rio Castanhal. Conforme mostrado nas figuras 7, 8 e 9, foram encontradas garrafas PET, sacolas plásticas e copos descartáveis nas proximidades das nascentes. Esses resíduos sólidos representam uma fonte significativa de poluição, que pode afetar diretamente a qualidade da água e a saúde dos ecossistemas aquáticos.





Figura 8. Resíduos sólidos ao entorno das nascentes 3 e 4.



Figura 9: Resíduos sólidos ao entorno das nascentes 1 e 2.



MAPA DE DETALHE



Figura 11- Mapa de Detalhe do limite entre a área das nascentes e a área do condomínio fechado.

A deposição de resíduos sólidos é um fator significativo de poluição ambiental, como

evidenciado em um estudo elaborado por Koide et al (2021) em uma sub-bacia hidrográfica. Eles

Guimarães, Y. N., Félix, I. B., Gutierrez, L. A. C. L., Mourão, F. V., Ribeiro, H. M. C.

relataram que a presença de lixo nas proximidades das nascentes resultou em contaminação, manifestada pela alteração na cor e no odor da água. Esse fenômeno foi similarmente observado nas nascentes N3 e N4, que apresentaram mudanças na cor e no odor, sugerindo que os resíduos sólidos podem estar contribuindo para a deterioração da qualidade da água.

Por outro lado, a nascente N2, que não apresentou resíduos sólidos ao redor, também exibiu alterações na cor e no odor da água. Nesse caso, é possível que a matéria orgânica proveniente da vegetação circundante seja a responsável por essas mudanças, indicando que a decomposição natural de material vegetal pode influenciar a qualidade da água mesmo na ausência de poluição antrópica direta.

No estudo de Koide et al (2021), os autores não identificaram tubulações diretamente conectadas ao entorno da área de estudo. No entanto, a contaminação indireta por efluentes domésticos foi evidente devido à proximidade de residências. Além disso, foi possível observar a presença de óleo e espuma no curso hídrico, indicando a entrada de poluentes domésticos, como mostra a figura 10.

Outro ponto relevante é a proximidade das nascentes a um condomínio fechado, que despeja efluentes domésticos diretamente no corpo hídrico, como mostrado na figura 11.

Esse despejo de efluentes é uma provável fonte de contaminação das nascentes, contribuindo para a poluição da água com substâncias químicas e nutrientes provenientes de resíduos domésticos.

A introdução de efluentes no sistema hídrico pode exacerbar os problemas de qualidade da água, levando a eutrofização e ao desenvolvimento de condições anaeróbias, que podem afetar ainda mais a cor e o odor da água.

Portanto, a combinação de resíduos sólidos e efluentes domésticos representa um sério risco para a qualidade das nascentes. Medidas de mitigação,

como a implementação de sistemas adequados de gerenciamento de resíduos e o tratamento de efluentes antes do despejo, são essenciais para preservar a integridade dessas nascentes.

Além disso, programas de educação ambiental para a população local podem ajudar a reduzir a deposição de lixo e promover práticas sustentáveis para a conservação dos recursos hídricos. A proteção das nascentes exige uma abordagem multifacetada que inclua tanto a mitigação de fontes de poluição quanto a conservação da vegetação ripária circundante.

Isso é relevante para a análise das nascentes N1, N2, N3 e N4, onde também foi observado um impacto negativo na qualidade da água.

Santos (2021) destaca que a ausência de uma gestão adequada de recursos hídricos pode agravar os desequilíbrios socioambientais e reduzir a disponibilidade hídrica. Na área estudada, o curso hídrico apresentava um volume de água bastante reduzido, sugerindo que a gestão inadequada pode estar contribuindo para a escassez de água e a poluição das nascentes. A redução do volume de água pode exacerbar a concentração de poluentes, aumentando os efeitos negativos sobre a qualidade da água.

A presença de animais nas proximidades das nascentes também é um fator significativo de contaminação. Mendes (2021) demonstrou que excrementos de animais podem ser transportados para o interior das nascentes pelo escoamento superficial decorrente da precipitação. Esse transporte pode introduzir patógenos e nutrientes indesejados, aumentando a carga de contaminação nas nascentes. Isso corrobora com a necessidade de proteger fisicamente as áreas ao redor das nascentes para impedir o acesso de animais.

Em complemento aos resultados observados na aplicação do método IIAN, pode-se visualizar abaixo os valores obtidos por meio do IQA (tabela 2).

Tabela 2. Resultados dos parâmetros analisados.

Nascentes	N1	N2	N3	N4
OD (mg/L)	6,3	1,4	7,30	6,8
C.T (NMP/100 mL)	120	3,873	31	24,19 6
pH	5	4,92	4,93	6,53
DBO (mg/L)	7,17	7,23	4,92	3,74
T (°C)	23,2	23	23	23
NT (mg/L)	11,47	15,10	14,33	7,96
FT (mg/L)	0,02	0,19	0,13	0,13
TU (NTU)	3,26	9,23	10,8	103
STD (mg/L)	104,7	118	114	107
IQA	64	39	51	52

Legenda: OD – Oxigênio Dissolvido; C.T. – Coliformes Termotolerantes; pH - Potencial Hidrogeniônico; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio; T- Temperatura; NT – Nitrogênio Total; FT – Fósforo Total; TU- Turbidez; STD - Sólidos Totais Dissolvidos.

Fonte: autores (2023).

As análises físico-químicos e biológicos indicaram uma relação entre os resultados obtidos por meio do IQA e os encontrados pelo IIAN, principalmente nos casos das nascentes N3 e N2 onde ambas obtiveram classificação C e na classificação aplicada ao IQA CETESB são

consideradas como razoáveis. Essa correlação entre índices, também, pode ser observada no quadro 6 onde encontra-se os resultados dos dois índices.

Quadro 6 – correlação entre os índices de IQA e IIAN. Fonte: autores (2023).

Nascente	IIAN	IQA
N1	Boa	Boa
N2	Ruim	Regular
N3	Ruim	Regular
N4	Ruim	Boa

Fonte: autores (2023).

A análise das nascentes N1, N2, N3 e N4 revelou variações significativas na qualidade da água, refletindo diferentes graus de impacto ambiental. As nascentes N2 e N3 mostraram um grau de impacto ambiental mais elevado em comparação com as nascentes N1 e N4. Os valores obtidos nas análises físico-químicas e biológicas sustentam as hipóteses levantadas na avaliação macroscópica.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO das nascentes N3 e N4 está em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece um valor máximo de 5,0 mg/L para corpos hídricos do tipo classe 2. Entretanto, as nascentes N1 e N2 apresentaram maiores valores de DBO, possivelmente devido à densa camada de vegetação ao redor, que contribui

com a deposição de folhas e galhos, além da presença de resíduos sólidos que contêm matéria orgânica. A suspeita de contaminação por efluentes na nascente N2 também pode justificar a relação de desbalanceamento entre a OD (Oxigênio Dissolvido) e a DBO, uma vez que a DBO elevada indica alta quantidade de matéria orgânica oxidável na água.

Oxigênio Dissolvido (OD)

A análise de OD nas nascentes N1, N3 e N4 revelou níveis acima do mínimo estipulado pela Resolução CONAMA 357/2005, apesar da presença de resíduos sólidos. Isso sugere que os resíduos sólidos presentes não estão contribuindo significativamente com matéria orgânica. Já a nascente N2 apresentou suspeita de contaminação por efluentes, o que poderia justificar a relação

inversa entre DBO alta e OD baixa, como discutido por Holanda e Sales (2021), que indicam que corpos hídricos poluídos por efluentes tendem a ter baixa concentração de OD.

Coliformes Termotolerantes

Todas as nascentes apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes, com a nascente N4 apresentando a maior contaminação. A presença de animais próximos à nascente N4 pode explicar essa alta contaminação, corroborando com os resultados da avaliação do IIAN. A ausência de cercas protetoras nas nascentes facilita a entrada de excrementos animais, que são transportados para as nascentes pelo escoamento superficial durante a precipitação.

Turbidez

Os níveis de turbidez das nascentes N1, N2 e N3 atenderam aos padrões estabelecidos pela CONAMA 357/2005 (até 100 UNT). No entanto, a nascente N4 apresentou um valor de 103 NTU, excedendo o limite permitido. A turbidez elevada pode estar relacionada à presença de resíduos sólidos e erosão do solo, especialmente em áreas de pastagem, como observado por Mendes et al. (2021).

pH

Os valores de pH das nascentes foram mais ácidos, possivelmente devido à decomposição da matéria orgânica da vegetação ripária. Embora o pH mais baixo não cause danos significativos à saúde humana, conforme explicado por Sperling (1996), ele é aceitável e esperado em águas subterrâneas.

Nitrogênio e Fósforo Total

As nascentes N1 e N4 apresentaram concentrações de nitrogênio dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 357/2005. Em contrapartida, as nascentes N2 e N3 excederam esses limites. No que diz respeito ao fósforo total, apenas a nascente N1 estava abaixo do limite permitido (0,1 mg/L). A nascente N2, com suspeita de contaminação por efluentes, apresentou o maior valor de fósforo total, juntamente com a presença de espuma branca, indicativa de poluição por detergentes ou outras substâncias.

Resíduos Sólidos Totais

As concentrações de resíduos sólidos totais foram mais altas nas nascentes N2 e N3, correlacionando-se com os elevados níveis de fósforo total, como discutido por Holanda e Sales (2021). Isso sugere que a presença de resíduos sólidos está diretamente relacionada à carga de nutrientes nas nascentes.

Temperatura

As temperaturas observadas (22° - 23,2°C) estavam dentro da faixa esperada para o clima tropical úmido da região. Embora a temperatura não indique poluição térmica significativa, ela deve ser monitorada devido ao seu impacto na sensibilidade dos organismos aquáticos e na qualidade geral da água.

Conclusão

Conforme observado nos resultados obtidos na presente pesquisa, conclui-se que apenas a nascente N1 apresentou uma classificação boa em ambos os índices IIAN e IQA. As nascentes N2, N3 e N4 obtiveram classificação ruim segundo o IIAN, devido à presença de resíduos sólidos nas proximidades, falta de cercas no entorno, possibilidade de contaminação por efluentes, e presença de animais ao redor. Quanto ao IQA, as nascentes N2 e N3 foram classificadas como regulares, com valores de 39 e 51, respectivamente, enquanto a nascente N4 obteve um valor de 52, classificada como boa.

As alterações encontradas na avaliação pelo IQA, que indicaram variações significativas nos valores de DBO, fósforo total e coliformes, corroboram a necessidade de medidas mitigadoras. A nascente N1, com maior grau de preservação, demonstrou a importância da vegetação densa ao seu redor. As nascentes N2 e N3, devido à maior proximidade com residências, apresentaram maior grau de degradação ambiental. A nascente N4, embora apresentando algum impacto, mostrou um menor grau de degradação comparado às nascentes N2 e N3.

Para reduzir os impactos negativos, propõe-se a implementação de um programa permanente de educação ambiental em conjunto com a sociedade, visando conscientizar sobre a importância das nascentes para o meio ambiente. Além disso, é essencial a instalação de cercas e placas de aviso para evitar a livre circulação de pessoas e animais, e o monitoramento mensal das condições ambientais das nascentes.

A presente pesquisa teve como objetivo verificar o grau de impacto ambiental nas nascentes do Rio Castanhal, no município de Castanhal-PA, destacando a importância dos estudos sobre áreas ao entorno de nascentes, essenciais para a constituição e manutenção dos corpos hídricos. Avaliar o estado de preservação das nascentes, especialmente aquelas dentro dos centros urbanos, é fundamental para sua preservação, conservação e recuperação.

Os resultados obtidos evidenciam a necessidade urgente de ações de manejo e proteção das nascentes para garantir sua integridade ecológica e a qualidade dos recursos hídricos locais. Esta pesquisa não só alcança seu objetivo de avaliação do impacto ambiental, mas também fornece diretrizes claras para futuras ações de preservação e conscientização

Agradecimentos

À professora Dra Eliane Coutinho por fornecer um dos equipamentos utilizado em campo. Ao Laboratório de Qualidade da Água da Universidade do Estado do Pará, o qual realizou a análise de alguns dos parâmetros desta pesquisa. E as orientadoras do presente estudo Dra. Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez e Me. Francianne Vieira Mourão.

Referências

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2017). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília: ANA.

Amaral, P. H. M., Peixoto, S. J., Machado, M. M. M., Rocha, C. H. B., & Alves, R. G. (2020). Caracterização granulométrica do sedimento de nascentes tropicais em áreas plantadas com eucalipto. *Ciência Florestal*, 4, 1075-1084. <https://doi.org/10.5902/1980509839523>

Athaydes, T. V. S., & Parolin, M. (2021). Estado da arte das pesquisas em proteção e recuperação de nascentes para o consumo humano em propriedades rurais no Brasil. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF*, 11(1), 19-47. DOI: <https://doi.org/10.20396/td.v18i00.8670816>.

Bazilio, A. P. (2023). A efetividade do “Programa de Recebimento e Monitoramento de Efluentes não Domésticos” à promoção da segurança hídrica ecossistêmica do Rio Uberabinha em Uberlândia.

Bernardes, R. C. (2021). Parâmetros macroscópicos para avaliação do estado de conservação de nascentes em Área de Proteção

Ambiental. *Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente*, 1(3). ISSN:2763-5155

Bobato, D. S., Bisognin, R. P., Guerra, D., Lanzanova, M. E., Weiss, D., Maciel, D. H., & Bobato, G. S. (2023). Avaliação do índice de qualidade da água superficial na zona rural e urbana de município no noroeste do Rio Grande do Sul. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 21(9), 11859-11879. <https://doi.org/10.55905/oelv21n9-073>

Capoane, V., Mescolotti, P. C., Fushimi, M., Fontana, A., Kuplich, T. M., & da Silva, D. A. (2024). Detecção de focos de arenização na bacia hidrográfica do Córrego Guariroba, Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 25(2). <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2478>

Carvalho, C. G. S., et al. (2021). Uso de geotecnologias na identificação e na avaliação dos impactos ambientais nas áreas de preservação permanente em nascentes. *Brazilian Journal of Development*, 7, 9362-39380. ISSN: 1980-900X

CETESB. (2007). Relatório de Qualidade de Águas Interiores do Estado de São Paulo 2006. São Paulo: Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo.

Cidreira-Neto, I. R. G., Guilherme, B. C., Rodrigues, G. G., & Candeias, A. L. B. (2022). Qualidade da água no estuário do Rio Goiana, Nordeste do Brasil: subsídios para a conservação. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(5), 2340-2353. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.5.p2340-2353>

da Costa, M. O., da Silva, K. C., dos Bentes, M. K., & de Moraes Dias, G. F. (2022). Projeção populacional do Município de Santa Izabel do Pará/PA-RMB. *Nature and Conservation*, 15(3), 132-145. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2022.003.0011>

da Silva, T. O., Lacerda, S. M. P., de Oliveira, J. T., de Jesus França, L. C., de Sena, S. R., Souza, P. S. V. N., ... & de Amorim Silva, V. (2022). Caracterização das nascentes na sub-bacia hidrográfica do rio dos Monos, Sudoeste da Bahia, Brasil. *CIS-Conjecturas Inter Studies*, 22(2), 1413-1429. <https://doi.org/10.53660/CONJ-844-G13>

da Silva, T. O., Lacerda, S. M. P., de Oliveira, J. T., de Jesus França, L. C., de Sena, S. R., Souza, P. S. V. N., ... & de Amorim Silva, V. (2022).

- Caracterização das nascentes na sub-bacia hidrográfica do rio dos Monos, Sudoeste da Bahia, Brasil. *CIS-Conjecturas Inter Studies*, 22(2), 1413-1429. <https://doi.org/10.53660/CONJ-844-G13>
- de Oliveira Costa, H. R., Moreira, E. S., & Nunes, J. O. R. (2023). O uso da terra por atividades agropecuárias e seu impacto sobre bacias hidrográficas. *GeoGraphos: Revista Digital para Estudantes de Geografia y Ciencias Sociales*, 14(152), 64-90. ISSN-e 2173-1276
- de Souza, N. N. R., do Amaral, L. G. H., Chiarello, M., Fuentes, T. G. Q., & dos Santos, M. A. (2023). Análise hidroambiental de nascentes utilizadas para abastecimento humano na zona rural do município de Baianópolis (Bahia). *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 10(3). <http://doi.org/10.5281/zenodo.7519091>
- FAPESPA. (2020). *Estatísticas Municipais*. Belém: Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisa.
- Fonseca, A. R., & Gontijo, R. A. N. (2021). Impactos ambientais macroscópicos e qualidade microbiológica das águas em nascentes da área urbana de Santo Antônio do Monte – MG. *Revista Meio Ambiente E Sustentabilidade*, 10, 87-101. <https://doi.org/10.22292/mas.v10i20.966>
- Fonseca, A. R., Oliveira, L. E., da Silva, L., Gomides, C. E., Cruz, M. C. C., & Novais, T. D. M. F. (2023). Qualidade ambiental de nascentes da microbacia do Ribeirão Tapera, em Pedra do Indaiá, Minas Gerais. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 14(3), 24-35. <https://doi.org/10.22292/mas.v10i20.966>
- Gomes, P. M., Melo, C., & Vale, V. S. (2005). Avaliação de impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Revista Sociedade & Natureza*, 32, 103-120. ISSN: 0103-1570
- Holanda, D. M. C., & Sales, M. C. L. (2021). Nascentes na legislação brasileira: implicações e consequências para o gerenciamento hídrico ambiental. *Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)*, 23(3), 470-482. <https://doi.org/10.35701/rcgs.v23.809>
- Koide, S., Carvalho, D. J., & Garnier, J. (2021). QUALIDADE DAS ÁGUAS URBANAS NO Córrego vicente pires–Distrito Federl. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 47-68. ISSN: 2317-563X
- Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 (2012, 25 de maio). Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, da Constituição Federal. *Diário Oficial da União*. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm
- Lima, M. S., & Silva, D. A. D. (2023). Águas urbanas e dinâmicas sociambiental nos bairros Mamede Paes Mendonça e Marcela em Itabaiana/SE. *Geopauta*, 7, e12135. <https://doi.org/10.22481/rg.v7.e2023.e12135>
- Matos, A. S., da Silva Júnior, N. F., Medeiros, M. S., JÚNIOR, C. I. D. O., & Goulart, S. M. (2023). Caracterização Da Qualidade Da Água Dos Afluentes Do Córrego Trindade Em Itumbiara-Go. *Revista Ifes Ciência*, 9(1), 01-10. <https://doi.org/10.36524/ric.v9i1.1798>
- Mendes, M. R., Rocha, A. F. F., Moreira, D. A., Souza, J. A. R., Silva, E. L., & Oliveira, W. M. (2021). Índice de qualidade da água em nascentes de manancial de abastecimento público: IQA realizado em diferentes nascentes da sub-bacia do córrego laranjal no município de Pires do Rio (GO). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12, 273-288. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.011.0023>
- Prodanov, C. C., & Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. Novo Hamburgo: Feevale.
- Quinelato, R. V., Okumura, A. T. R., Bifano, R. B. A., da Silva Farias, E., De Brito, J. M. S., Ferreira, C. D. S. V. A., ... & Silva, A. G. (2021). Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio Caraíva. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(1), 037-057. ISSN:1984-2295
- Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 (2005, 17 de março). Conselho Nacional de Meio Ambiente. www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf
- Riboli, S. A. (2023). Qualidade da água de fontes de Cascavel-Pr utilizando análise de componentes principais (PCA).
- Santos, L. B., Santos, E. D. O., Schwantz, P. I., Bohrer, R. E. G., Prestes, M. M. B., & Lara, D. M. (2021). Análise ambiental de nascentes do bairro Fontes no município de Soledade (RS),

- Brasil. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, 14(Supl. 2), 1-19. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14Supl.2.e8771>
- Santos, A. C. D. S., & Pontes, A. N. (2021). Educação Ambiental e Gestão dos Resíduos Sólidos: os 5 Rs da sustentabilidade. Revista Científica e-Locução, 1(20), 18-18. ISSN 2238-1899
- Silva, L. P., & Martins, A. P. (2021). Fragilidade ambiental e zoneamento ecológico econômico da bacia hidrográfica do Rio Preto—estado de Goiás—Brasil. GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território, (21), 63. <https://doi.org/10.17127/got.v0i21.928>
- Von Adamek, D. C., da Silva, A. F., & Nogueira, M. P. (2024). Instrumentos para proteção ambiental do Rio Melchior, Distrito Federal. Revista Parlamento e Cidadania—RPC, 1, 6-36.