

Análise da água de córregos urbanos com despejo de efluentes na Região Oeste de Mato Grosso

Analysis of Urban Stream Water with Effluent Discharge in the West Region of Mato Grosso

Thais Cristina Couto Hurtado¹; Eduardo M. Silva e Silva²; Ernandes Sobreira Oliveira Júnior³; Wilkinson Lopes Lázaro³; Bárbara Ferraz Bühler⁴; Francisco Lledo dos Santos³

¹Aluna do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-1418-9355> E-mail: thais.hurtado@unemat.br

²Aluno do Programa de pós-Graduação em Ciências Ambientais PPGCA, Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-4219-138X> E-mail: eduardo.miguel@unemat.br

³Professor Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Universidade do Estado de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6953-6917> E-mail: ernandes@unemat.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6499-6631> E-mail: wilkinson.lopes@unemat.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7718-8203> E-mail: franciscolledo@unemat.br

⁴Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso, Cáceres, Mato Grosso, Brasil.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1730-3222> E-mail: barbaraferraz04@gmail.com

RESUMO: Entre 9 e 11 de janeiro de 2024 foi realizada uma expedição em 12 municípios da região Oeste de Mato Grosso com o objetivo de avaliar a qualidade da água de córregos urbanos receptores de efluentes domésticos nas cidades citadas. Para tanto, foram utilizados o Índice de Qualidade da Água (IQA) e um protocolo de avaliação rápida (PAR) para analisar a poluição hídrica e os impactos antrópicos no entorno dos cursos d'água. Foi selecionado um corpo hídrico por município. As amostras de água foram coletadas no ponto à jusante do lançamento do efluente, tanto para as análises físico-químicas, quanto microbiológicas. Os resultados mostraram alguns mananciais superficiais classificados como alterados ou impactados, devido à presença de esgoto e remoção da cobertura vegetal. Variáveis como coliformes fecais e fósforo excederam os limites legais. Além disso, nove municípios foram classificados com nível de IQA ruim. Os municípios com gestão menos eficiente de efluentes apresentaram pior qualidade da água. O estudo concluiu que a região enfrenta sérios desafios na gestão de efluentes e conservação hídrica. Destaca-se a necessidade de investimentos em infraestrutura de saneamento e gestão ambiental para mitigar os impactos negativos, proteger a saúde pública e preservar a biodiversidade local.

Palavras-chave: Gestão Ambiental; Índice de Qualidade da Água; Protocolo de Avaliação rápida.

ABSTRACT: Between January 9 and 11, 2024, an expedition was conducted across 12 municipalities in the western region of Mato Grosso to assess the water quality of urban streams receiving domestic effluents. For this purpose, the Water Quality Index (WQI) and a Rapid Assessment Protocol (RAP) were used to analyze water pollution and anthropogenic impacts surrounding these watercourses. One water body was selected per municipality. Water samples were collected downstream of the effluent discharge point for both physicochemical and microbiological analyses. Results indicated that some surface water sources were classified as altered or impacted due to the presence of sewage and vegetation cover removal. Variables such as fecal coliforms and phosphorus exceeded legal limits. Additionally, nine municipalities were classified with a poor WQI level. Municipalities with less efficient effluent management exhibited worse water quality. The study concluded that the region faces serious challenges in effluent management and water conservation. The need for investment in sanitation infrastructure and environmental management is highlighted to mitigate negative impacts, protect public health, and preserve local biodiversity.

Keywords: Environmental Management; Water Quality Index; Rapid Assessment Protocol.

INTRODUÇÃO

No contexto social atual, agravos relacionados à falta de saneamento básico são considerados relevantes problemas de saúde pública. Segundo a WHO (2024) 1,4 milhão de pessoas morrem por ano devido a água, saneamento e higiene inadequados. Regiões menos desenvolvidas e de baixa renda são as mais vulneráveis às doenças relacionadas à falta de saneamento básico, devido a marginalização desse grupo ocasionada por um processo de urbanização não sustentável que influencia no surgimento de moradias em locais sem infraestrutura apropriada. Dentro desse contexto, o Brasil possui um bom andamento no sentido de tentar eliminar as iniquidades relacionadas a falta de saneamento nas últimas décadas, porém ainda apresenta um déficit considerável em relação a distribuição de água nas capitais, até o ano de 2016, por exemplo, somente 19 capitais apresentaram um percentual superior a 90% de distribuição de água para a população (Massa; Filho, 2020).

A qualidade da água pode ser comprometida pela presença de resíduos, nutrientes, microrganismos, pesticidas, metais pesados e sedimentos, conforme identificado por Liu *et al.* (2003). Fatores como a remoção da vegetação ciliar ao longo dos rios, a expansão da atividade agropecuária, e o descarte de efluentes domésticos e industriais representam as principais ameaças aos ecossistemas aquáticos. Essas ações resultam em contaminação e eutrofização, afetando adversamente os padrões de qualidade da água que serve de fonte para abastecimento urbano (Pedreira, 2023).

No Brasil é frequente o descarte de esgoto diretamente em corpos d'água sem o devido tratamento. Os microrganismos encontrados no esgoto, muitos dos quais são agentes patogênicos, têm o potencial de causar doenças na população. Grande parte desses patógenos, oriundos principalmente de fontes humanas, são transmitidos por águas contaminadas que recebem descargas de esgoto, indicando uma origem majoritariamente ligada à má qualidade da água. (Almeida *et al.*, 2017).

Com intuito de acompanhar a qualidade hídrica, vários índices de qualidade da água têm sido criados levando em consideração tanto características físico-químicas quanto indicadores biológicos. Geralmente, tais Índices de Qualidade da Água (IQAs) se fundamentam em um número limitado de variáveis, conforme apontado por Gergel *et al.* (2002). Estas variáveis selecionadas devem ser capazes de refletir as mudanças na água, sejam elas naturais ou causadas pela ação humana, conforme discutido por Toledo e Nicolella em 2004.

De acordo com Callisto *et al.* (2002), as águas superficiais estão intrinsecamente conectadas com as áreas circundantes. Elas podem oferecer indicativos sobre os impactos das atividades humanas no entorno de corpos hídricos. O Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) elaborado por Callisto *et al.* (2002), cuja aplicação consiste da observação de parâmetros (presença de erosão, remoção de mata ciliar, natureza de atividades próximas às margens, entre outros itens) no entorno dos mananciais, propõe essa avaliação.

Nesta abordagem e considerando a degradação crescente dos rios e córregos urbanos, bem como a importância da água como recurso essencial à vida, a vigilância contínua da qualidade hídrica tem sido cada vez mais reconhecida e aplicada na gestão dos recursos naturais. Dentro desse contexto, os indicadores, tais como o PAR e o IQA, passam a desempenhar um papel importante na formulação de políticas públicas e no monitoramento de impactos ambientais (Von Sperling, 1996; Araújo, 2023).

Na perspectiva acima, o presente estudo realizou um diagnóstico da qualidade da água dos corpos hídricos de 12 municípios da Região Oeste do Mato Grosso, quais sejam: Curvelândia, Lambari D'Oeste, Rio Branco, Salto do Céu, Reserva do Cabaçal, Indiavaí, Araputanga, São José dos Quatro Marcos, Mirassol D'Oeste, Porto Esperidião, Glória D'Oeste e Cáceres. Os córregos selecionados para o levantamento foram apontados por agentes públicos municipais como os receptores dos efluentes nas cidades em estudo. Além das coletas de água para cálculo do IQA, foi aplicado o PAR, o que viabilizou a medição de diversos parâmetros de maneira econômica, simples e rápida, oferecendo uma visão geral dos cursos d'água e também dos elementos da paisagem em seu entorno.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO E SELEÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

O presente estudo abrangeu 12 municípios situados na região oeste do estado de Mato Grosso (**Figura 1**): Curvelândia, Lambari D'Oeste, Rio Branco, Salto do Céu, Reserva do Cabaçal, Indiavaí, Araputanga, São José dos Quatro Marcos, Mirassol D'Oeste, Porto Esperidião, Glória D'Oeste e Cáceres. Esses municípios estão localizados na Bacia do Alto Paraguai, incluindo as sub-bacias dos rios Jauru e Cabaçal. Foi selecionado para estudo apenas um curso d'água por município.

A escolha dos pontos de coleta baseou-se na observação e identificação prévia dos mananciais conhecidos por receberem os efluentes em área urbana. Para isso, foram realizadas excursões preliminares aos córregos, em conjunto com autoridades ambientais municipais e o uso de dados fornecidos pelos órgãos de saneamento local. Esses dados incluíram informações sobre os pontos de lançamento de efluentes domésticos (residenciais).

Em algumas áreas, foram identificados despejos de efluentes não residenciais, especialmente em regiões mais próximas de zonas comerciais. Contudo, as amostras foram colhidas em áreas com maior contribuição de efluentes domésticos, onde não há sistemas de tratamento de esgoto eficientes. Essa escolha em cada corpo hídrico visou avaliar os impactos antrópicos na qualidade da água e os efeitos da liberação desses poluentes nos ecossistemas aquáticos.

frascos foram novamente pesados para determinar a quantidade de sólidos suspensos.

Para a aferição da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), foi utilizada a sonda Hanna HI98198. As amostras foram armazenadas em frascos específicos de DBO, e, para as réplicas e trélicas, foram utilizados frascos tipo flaconete de 20 mL. A medição foi realizada no dia da coleta e repetida cinco dias depois, a fim de analisar a variação na concentração de DBO. Durante esse intervalo, as amostras foram mantidas em uma caixa de plástico, com temperatura controlada a 20°C, para assegurar a preservação dos parâmetros. Já as análises de nitrogênio e fósforo seguiram os protocolos Hanna, utilizando kits específicos para fósforo em alta concentração e nitrogênio em baixa concentração.

Os parâmetros de amônia, cloreto e alcalinidade foram medidos diariamente em cada uma das amostras, ao final de cada dia de coleta em campo, utilizando o kit básico de potabilidade (Alfakit). Para a análise microbiológica, foi utilizado o kit Colipaper, que permite a detecção simultânea de *Escherichia coli* e coliformes totais em meios de cultura aplicados em dispositivos DIPSLIDE de papel.

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

O Índice de Qualidade da Água (IQA) é determinado por uma média ponderada de nove variáveis-chave que refletem as condições da água. Essas variáveis incluem oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez e sólidos totais. A seleção desses parâmetros baseia-se nas diretrizes estabelecidas pela National Sanitation Foundation - NSF (CETESB, 2015). Para o cálculo do índice, foram elaboradas curvas que representam a média das variações da qualidade da água em relação às concentrações de cada um desses parâmetros. Além disso, foi atribuído um valor de peso a cada parâmetro, refletindo sua relevância no cálculo do IQA/NSF. Para o parâmetro de oxigênio dissolvido (OD) o peso atribuído é de 0,17; para coliformes termotolerantes e pH o peso é de 0,15 e 0,12, respectivamente. Já para os parâmetros de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, nitrogênio total e fósforo o peso é igual a 0,10; e de 0,8 para os parâmetros de turbidez e sólidos totais.

Para determinação do IQA, será utilizada a seguinte equação 1:

$$IQA = \prod_{i=0}^9 q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que q_i é a qualidade do parâmetro i obtido através da média de qualidade e w_i é o peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os índices de qualidade da água variam entre 0 e 100, conforme descrição a seguir: ótima ($91 \leq IQA \leq 100$), boa ($71 \leq IQA \leq 90$), razoável ($51 \leq IQA \leq 70$), ruim ($26 \leq IQA \leq 50$) e péssima ($0 \leq IQA \leq 25$).

APLICAÇÃO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA (PAR)

Para o levantamento de informações adicionais sobre os corpos d'água e o seu entorno foi empregado o Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) proposto por Callisto *et al.* (2002). A primeira parte abrangendo os parâmetros de 1 a 10, dedica-se à análise das características específicas dos locais e dos impactos resultantes de atividades humanas, com pontuações variando de 0 a 4. A segunda parte, que engloba os parâmetros de 11 a

22 foca nas condições do habitat e nos níveis de conservação, atribuindo pontuações de 0 a 5. A distribuição percentual da pontuação é de 40% para a primeira parte e 60% para a segunda. O escore final do protocolo de avaliação emerge da soma dos valores designados a cada parâmetro, refletindo o estado de conservação das seções das bacias analisadas. Com base nesta metodologia, os segmentos podem ser classificados como natural ($61 < PAR < 100$), alterado ($41 < PAR < 60$), ou impactado ($0 < PAR < 40$).

TRATAMENTO DOS DADOS

A caracterização dos pontos de coleta em cada córrego foi baseada nas informações e pontuação do PAR.

Os resultados das análises de água por parâmetro foram comparados com os valores de referência estabelecidos pela Resolução do Conama 357/2005 e utilizados para o cálculo do IQA por córrego.

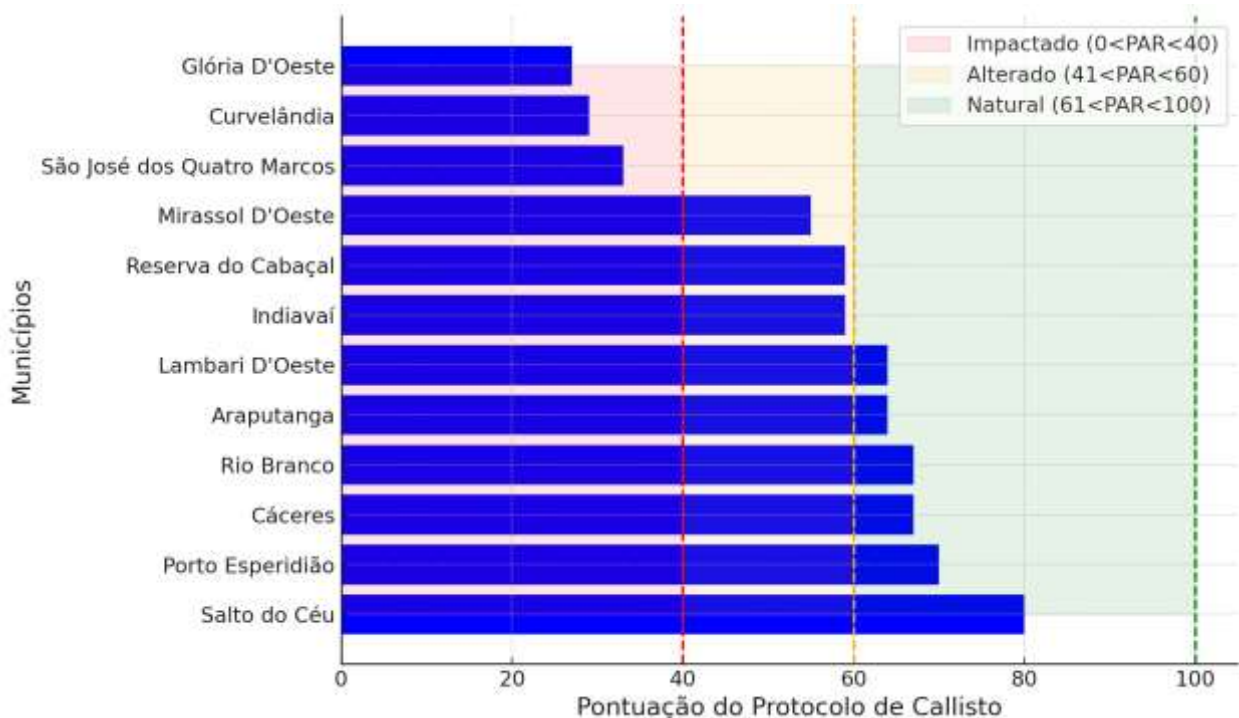
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os municípios analisados na região Oeste do Mato Grosso apresentam características semelhantes quanto ao manejo dos efluentes e ao estado dos corpos hídricos. A ausência de sistemas coletivos de tratamento de esgoto é comum à maioria deles, sendo que somente os municípios de Mirassol d'Oeste e Porto Esperidião possuem sistemas de tratamento de esgoto, com índices de coleta variando entre 27,94% e 46,82%, respectivamente. Na maior parte, os efluentes domésticos são direcionados a fossas sépticas ou, em muitos casos, indevidamente despejados em canais de drenagem pluvial ou diretamente nos corpos d'água.

A aplicação do protocolo de avaliação rápida (PAR) revelou que metade dos córregos urbanos nos municípios estudados está categorizada como "alterado" ou "impactado" (**Figura 2**), devido a fatores como presença de esgoto, resíduos sólidos e evidências de erosão marginal. A cobertura vegetal no entorno dos córregos é frequentemente insuficiente ou ausente, refletindo a significativa influência humana e a degradação ambiental. Em contrapartida, áreas com melhores pontuações demonstraram a presença de vegetação ripária e características físicas mais naturais, apesar das atividades antrópicas (despejo de efluentes) nas proximidades.

Nos municípios de Glória D'Oeste, Curvelândia e São José dos Quatro Marcos, a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) indicou que as áreas estudadas são ambientes impactados. Glória D'Oeste obteve uma pontuação de 27 pontos, com impactos relacionados à ausência de cobertura vegetal nativa, presença de resíduos domésticos, oleosidade na água e odores de esgoto, além de erosão e modificação do canal do curso d'água. Em Curvelândia, a área ao redor do córrego, dominada por residências, apresentou características semelhantes, com acúmulo de sedimentos e modificação de mais de 60% do canal, resultando em 29 pontos. São José dos Quatro Marcos também foi classificado como impactado devido à falta de vegetação no leito do córrego, construções irregulares na Área de Preservação Permanente (APP) e despejo de esgoto ao longo do curso d'água. Em todos esses municípios, os impactos ambientais observados indicam a degradação dos ecossistemas aquáticos, comprometendo a qualidade ambiental e o equilíbrio ecológico das regiões analisadas.

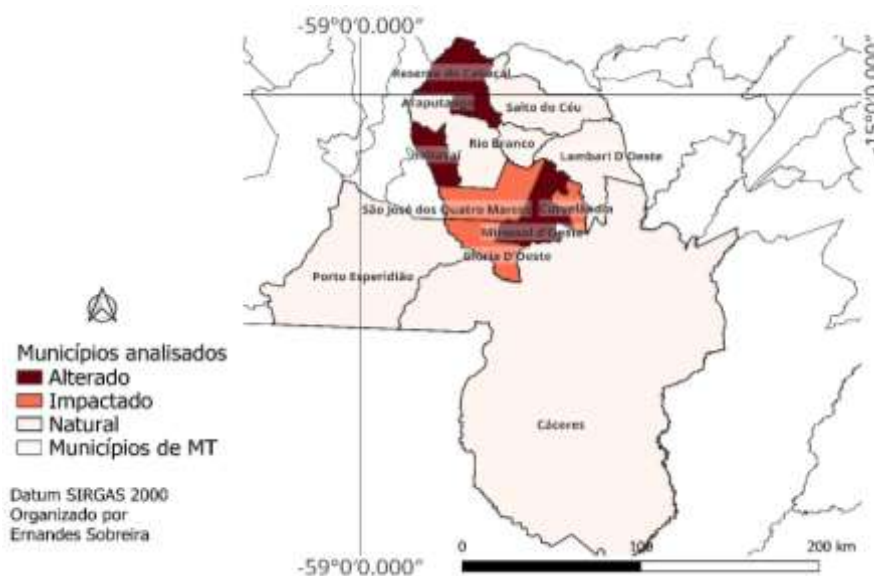
Figura 2. Resultados da aplicação do Protocolo de avaliação rápida de Callisto *et al.* (2002)



Nos municípios de Glória D'Oeste, Curvelândia e São José dos Quatro Marcos, a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) indicou que as áreas estudadas são ambientes impactados. Glória D'Oeste obteve uma pontuação de 27 pontos, com impactos relacionados à ausência de cobertura vegetal nativa, presença de resíduos domésticos, oleosidade na água e odores de esgoto, além de erosão e modificação do canal do curso d'água. Em Curvelândia, a área ao redor do córrego, dominada por residências, apresentou características semelhantes, com acúmulo de sedimentos e modificação de mais de 60% do canal, resultando em 29 pontos. São José dos Quatro Marcos também foi classificado como impactado devido à falta de vegetação no leito do córrego, construções irregulares na Área de Preservação Permanente (APP) e despejo de esgoto ao longo do curso d'água. Em todos esses municípios, os impactos ambientais observados indicam a degradação dos ecossistemas aquáticos, comprometendo a qualidade ambiental e o equilíbrio ecológico das regiões analisadas.

Em contraste, Cáceres, Porto Esperidião, Araputanga, Lambari D'Oeste, Rio Branco e Salto do Céu apresentaram um ambiente considerado "natural", pois, embora haja a presença de atividades humanas nas proximidades, inclusive com o despejo de efluentes sem tratamento na maioria deles, a mata ao redor do curso d'água foi preservada em boa medida. Já os municípios de Mirassol D'Oeste, Indiavaí e Reserva do Cabaçal foram classificados como ambientes "alterados" com pontuações próximas a 60. A **Figura 3** apresenta a localização e os níveis de impacto nos municípios.

Figura 3. Localização dos níveis de impacto nos municípios analisados em relação ao Protocolo de Avaliação Rápida – PAR



A **Tabela 1** apresenta os resultados das análises realizadas nos pontos localizados a jusante do lançamento de efluentes. Esses parâmetros foram utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA).

A verificação da conformidade dos resultados das análises da água seguiu os padrões de qualidade fixados pela Conama 357/2005 para corpos hídricos classe 2, além de ter sido realizada a investigação das eventuais consequências das atividades antrópicas praticadas nas adjacências dos córregos urbanos, uma vez que todas as amostras são provenientes de locais com atividades impactantes aos cursos d'água, tais como: sistemas de produção, adensamento urbano, paisagem e comércio.

A partir dos dados dispostos na **Tabela 1**, é possível verificar que os valores para pH não apresentaram variações significativas, sendo que somente a amostra coletada em Curvelândia apresentou resultado abaixo dos limites permitidos pela resolução (6 a 9).

Quanto à turbidez, os resultados obtidos para os municípios de Cáceres, Mirassol D'Oeste, Reserva do Cabaçal, Rio Branco e Salto do Céu excederam o valor máximo permitido. É importante notar que as amostras foram coletadas durante o período chuvoso e em alguns locais, como Mirassol D'Oeste, Rio Branco e Reserva do Cabaçal, logo após a ocorrência de chuvas. Conforme observado por Medeiros *et al.* (2016), durante os períodos de chuva, há um aumento significativo na concentração de sólidos em suspensão, o que pode resultar em um aumento da turbidez nos corpos d'água. Os resultados para análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e nitrogênio não apresentaram valores superiores ao estabelecido na legislação, sendo que o maior valor determinado foi em Mirassol D'Oeste. No entanto, em relação ao fósforo total, é importante observar que a Resolução Conama nº 357/2005 estipula um valor máximo permitido em cursos d'água de Classe 2 (ambiente lótico) de até 0,05 mg L⁻¹, e neste caso, todos os resultados excederam os limites permitidos.

Conforme destacado por Coradi, Fia e Pereira-Ramires (2009), altas concentrações de nitrogênio, quando associadas às de fósforo, podem induzir ao desenvolvimento

excessivo de fito e zooplâncton, desencadeando o processo de eutrofização. Isso ocorre porque o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos organismos e pode ser o fator limitante na produtividade primária de um corpo de água. No período da amostragem em nenhum dos córregos foram observadas evidências de eutrofização.

Tabela 1. Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas do ponto a jusante do lançamento de efluentes nos cursos d'água estudados

Variáveis	Municípios												
	Araputanga	Cáceres	Curvelândia	Glória D'Oeste	Indiavaí	L. D'Oeste	Mirassol D'Oeste	Porto Esperidião	São José dos Quatro Marcos	Reserva do Cabaçal	Rio Branco	Salto do Céu	Resolução CONAMA 357/2005
pH	7,61	6,07	5,75	7,58	7,82	6,79	7,34	7,62	7,22	7,11	6,98	7,13	6,0±9,0
DBO	2,39	1,29	1,93	1,98	0,91	1,03	3,27	1,39	2,60	3,00	2,21	0,85	5
OD (% SAT)	92,6	94,9	82,5	136,6	104	83,4	89	93,2	50,3	95,9	99,2	102,7	-
Turbidez (FNU)	82,1	113	29,6	85,5	52,7	71,3	571	92,7	18,5	157	323	107	100
OD (mg/L)	6,95	6,99	6,3	9,62	7,56	6,6	6,8	6,97	3,58	7,43	7,85	8,05	≥5
TEMP (°C)	29,39	31,16	29,13	33,58	31,57	26,81	28,38	30,35	32,17	27,22	26,58	26,65	-
Fósforo (mg/L P)	1,2	1,1	1	0,9	1	1,5	1,8	1	0,8	1,8	1,1	1,6	0,05
Nitrogênio (N) mg/L	1,9	0,6	0,6	0,4	0,5	0,7	3,5	0,5	1,6	0,6	0,4	0,6	2,18
Sólidos totais (mg/L)	1163	1111	1058	1174	835	1106	1338	1298	992	3985	1583	4549	500
Coliformes fecais (FC/100ml)	13920	10800	16240	11200	2960	7120	880	960	880	3360	5280	2240	200
Alcalinidade (mg/L)	100	20	30	100	80	20	140	130	200	50	20	20	-
Cloreto (mg/L)	20	10	20	30	10	10	30	10	40	20	10	10	250
Amônia (mg/L)	0,5	0,5	0,25	0,1	0,5	0	3	0	3	2	0,1	0,1	3,7mg/L N, para pH £ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH =8,0 1,0 mg/L N, para 8 < pH =8,5

Quanto à análise de oxigênio dissolvido, somente o município de São José dos Quatro Marcos apresentou valor inferior ao limite mínimo estabelecido na legislação. Além disso, foi também o município que apresentou maior concentração de amônia. Esses resultados estão em consonância com as observações de Esteves (1998), que destaca que altas concentrações de amônia podem exercer uma forte influência na dinâmica do oxigênio dissolvido no ambiente. Isso ocorre devido ao fato de que, para oxidar 1,0 miligramas do íon amônio, são necessários aproximadamente 4,3 miligramas de oxigênio. Como consequência, a disponibilidade inadequada de oxigênio dissolvido na água pode resultar em condições de hipóxia, onde há uma quantidade insuficiente de oxigênio para sustentar a vida aquática. Isso pode levar à morte de peixes, invertebrados aquáticos e outras formas de vida aquática, causando um desequilíbrio no ecossistema. Foi possível observar nesse canal vários pontos de despejos de esgotos de residências e comércios instalados próximos

ao corpo hídrico, além de baixa pontuação no PAR.

Os valores mais altos de oxigênio dissolvido (OD) foram registrados nos municípios de Salto do Céu, Indiavaí e Rio Branco. Esses municípios apresentam corpos hídricos mais preservados, com altas pontuações no PAR, mesmo estando próximos à área urbana. Glória D'Oeste também teve o OD elevado, embora tenha um córrego com características de degradação bem evidentes. Nesse caso, é possível que esse valor alto de OD esteja relacionado ao ponto exato da coleta da amostra, já que no percurso do córrego em Glória D'Oeste esse local apresenta situação melhor em relação aos outros.

No que concerne aos coliformes, a análise da qualidade da água revelou uma situação crítica, uma vez que foi observada uma alta contagem desse parâmetro nos córregos de todos os municípios. Apesar da conformidade da maioria dos parâmetros com as normas estabelecidas, a detecção de níveis elevados de coliformes fecais nos corpos hídricos enfatiza a importância de um monitoramento contínuo. Scholten *et al.* (2012) realizaram avaliação da dinâmica da poluição fecal nas águas do córrego Rico em Jaboticabal/SP e também encontraram elevados valores de *Escherichia coli* em manancial receptor de efluente doméstico, sobretudo no período chuvoso.

Em relação a alcalinidade, os municípios que apresentaram valores superiores a 100 mg/L foram Mirassol D'Oeste, Porto Esperidião e São José dos Quatro Marcos, sendo o último mais crítico, provavelmente pela maior concentração de esgotos, visto que este ponto recebe diversas contribuições de efluentes. Conforme Branco (1978), o lançamento de esgoto sem tratamento em corpos hídricos pode interferir nos valores de alcalinidade, tornando-os mais elevados.

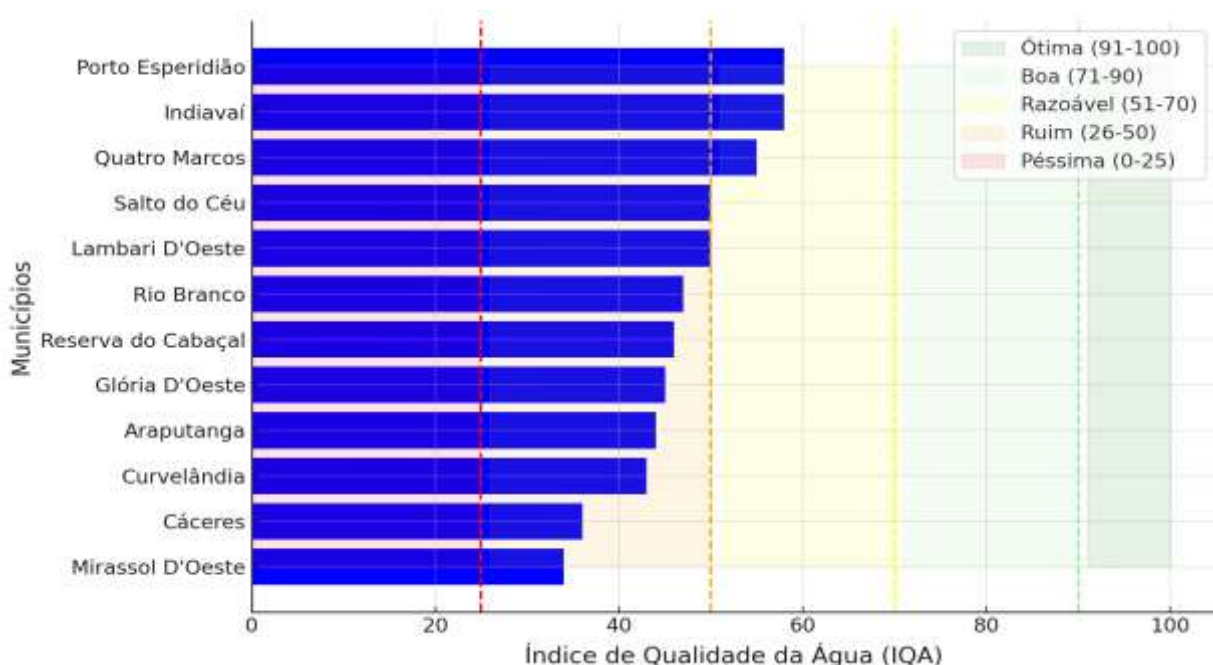
Os sólidos totais são resultantes dos sólidos suspensos e dissolvidos de uma amostra em análise. A resolução do Conama 357/05 não estabelece padrão de referência para sólidos totais, somente para sólidos dissolvidos, cujo valor máximo é 500 mg/l para os corpos d'água enquadrados na "classe 2". Todos os pontos em estudo apresentaram altos valores de sólidos totais, com uma possível contribuição dos sólidos dissolvidos na amostra, pois, segundo Branco (1978) os esgotos domésticos podem conter grande quantidade de substâncias dissolvidas. No presente estudo, os sólidos totais elevados também podem ser um reflexo do período chuvoso. Silva *et al.* (2008) encontraram, igualmente, maiores valores de sólidos totais durante os picos da estação chuvosa em estudo realizado no Rio Purus, localizado no estado do Amazonas.

O município de São José dos Quatro Marcos obteve resultados considerados piores (amônia, alcalinidade, cloreto, oxigênio dissolvido), se comparado aos outros municípios avaliados. Também apresentou uma pontuação baixa no PAR. A área de estudo escolhida neste município foi o córrego "Queixada", localizado na Zona Leste da cidade, sendo canalizado no trecho entre a Rua Rio Grande do Sul e Av. Belém, nas proximidades do barracão da feira municipal.

A partir do resultado apresentado na **Figura 4** é possível observar que dos doze municípios analisados, nove deles apresentaram um nível de IQA ruim (26 a 50), quais sejam Mirassol D'oeste, Cáceres, Curvelândia, Araputanga, Glória D'Oeste, Reserva do Cabaçal, Rio Branco, Lambari D'Oeste e Salto do Céu, sendo os valores mais baixos atribuídos a Cáceres e Mirassol D'Oeste, fator esse que pode estar relacionado com a densidade populacional, considerando que são os dois municípios mais populosos dessa pesquisa e conseqüentemente emitem uma maior quantidade de efluentes nos corpos hídricos. Em contrapartida os outros municípios apresentaram níveis razoáveis de IQA

(entre 51 a 70), no caso dos municípios de Porto Esperidião e Indiavaí esses resultados podem estar relacionados com a proporção entre vazão e dimensão dos corpos hídricos receptores e o volume de efluentes lançados. Considerando os resultados dos parâmetros obtidos e do IQA em geral, é necessário que haja estudos mais detalhados levantando a vazão dos corpos hídricos em relação a quantidade de efluentes lançados e o perfil do efluente lançado. São José dos 4 Marcos se enquadrou, igualmente, em um IQA “razoável”, mesmo com baixa pontuação no PAR e com resultados ruins para variáveis indicadoras de poluição. Contudo, é importante destacar que essas variáveis não estão na lista daquelas que compõem o IQA e, portanto, não tiveram peso para o cálculo desse índice.

Figura 4. Resultado do cálculo de IQA aplicado para os córregos (ponto de coleta à jusante do lançamento do efluente) de cada município – fonte de classificação Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA)



CONCLUSÕES

A análise abrangente da situação do esgotamento sanitário urbano e das condições ambientais dos corpos receptores de efluentes nos municípios estudados revelou uma realidade preocupante. A aplicação do protocolo de avaliação rápida de Callisto *et al.* (2002), destacou que a maioria dos córregos urbanos está categorizada como alterada ou impactada, devido a remoção da mata ciliar, à presença de esgoto, resíduos sólidos e erosão, demonstrando a necessidade urgente de investimentos em saneamento básico e recuperação/preservação dos corpos d'água. Em um contexto de mudanças climáticas, períodos de estiagem prolongados e diminuição dos níveis dos mananciais de abastecimento, a recuperação dos córregos urbanos pode representar uma alternativa frente à escassez hídrica.

Apesar de alguns parâmetros terem se mantido dentro dos limites estabelecidos pela

legislação, como a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e nitrogênio, outros, como a presença de coliformes fecais e o fósforo total, excederam os valores permitidos. A redução e/ou ausência de cobertura vegetal no entorno da maioria dos córregos, pode ter contribuído para a entrada de material externo nos mananciais, favorecendo o aumento dos coliformes, especialmente em períodos chuvosos.

Além disso, altas concentrações de amônia em alguns pontos indicaram uma relação do despejo do esgoto doméstico com a qualidade da água dos córregos, assim como na variação do oxigênio dissolvido no ambiente aquático.

Destaca-se, ainda, que embora o IQA seja uma ferramenta prática para o monitoramento da qualidade da água a longo prazo, ele apresenta algumas limitações, como a exclusão de certas variáveis que podem ser fundamentais para a avaliação de determinados ambientes. Foi o que ocorreu com o córrego do município de São José dos Quatro Marcos que apresentou um IQA razoável, mas uma pontuação muito baixa no PAR e resultados de parâmetros que indicaram uma carga poluidora como amônia, oxigênio dissolvido, cloreto e alcalinidade.

Relevante mencionar que outros parâmetros devem ser considerados em trabalhos de avaliação da qualidade da água em mananciais, tais como a vazão e coletas em diferentes estações, que, por sua vez, permitiriam levar em conta a variabilidade sazonal da qualidade hídrica, melhorando a precisão das correlações e possibilitando uma compreensão mais robusta das dinâmicas ambientais locais.

Os resultados indicam que, apesar de alguns locais estarem claramente impactados, medidas de recuperação, quando adotadas adequadamente, podem auxiliar na recuperação dos córregos, restaurando seus serviços ambientais e proporcionando melhorias da qualidade de vida para a população. Ressalta-se a necessidade do fortalecimento de uma gestão integrada, que leve em conta todos os aspectos da dinâmica urbana, com tratamento de efluentes e preservação da vegetação no entorno dos corpos hídricos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. M. A. B; ALMEIDA, R. S; SILVA. G. O. C. Diagnóstico dos impactos ambientais provocados pelo lançamento de esgotos no Rio Piancó em Pombal-PB. **Revista GeoSertões** (UNAGEO/CFP-UFCG), v. 2, p. 75- 9, 2017.

APHA-AWWA-WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 24rd ed. Washington, 2023.

ARAUJO, L.F.; CAMARGO, F.P.; NETTO, A.T.; VERNIN, N.S.; ANDRADE, R.C. Análise da cobertura de abastecimento e da qualidade de água distribuída em diferentes regiões do Brasil no ano de 2019. **Ciência e Saúde Coletiva**. vol 27, 2022.

BRANCO, S. G. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 2ª Ed. São Paulo: CETESB, 1978.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M.; PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnologia Brasiliensia**, v.14, p. 91-98, 2002.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo**. 2015. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2024.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA 357/2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 13 abr. 2024.

CORADI, P. C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS, Brasil. **Ambiente & Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009. DOI: <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.85>

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

GERGEL, S. E.; TURNER, M. G.; MILLER, J. R.; MELACK, J. M.; STANLEY, E. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. **Aquatic Science**, v. 64, p. 118-128, 2002.

LIU, Y.; ISLAM, M. A.; GAO, J. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. **Progress in Physical Geography**, v. 27, n. 1, p. 24-43, 2003.

MASSA, K. H. C.; FILHO, A. D. P. C. Saneamento básico e saúde autoavaliada nas capitais brasileiras: uma análise multinível. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 23, 2020.

MEDEIROS, S. R. M.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L. F. C. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 11, n. 3, p. 711-730, 2016. DOI: <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.1833>.

PEDREIRA, B. da C. C. G. A relação entre as interferências antrópicas e os serviços ecossistêmicos. **Um olhar agroecológico e quilombola para a conservação ambiental**. Rio de Janeiro: AS-PTA Agricultura Familiar e Agroecologia, 2023. p. 155-173. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1154596>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SCHOLTEN, C.; LOPES, L. G.; AMARAL, L. A. Dinâmica da Poluição Fecal nas Águas do Córrego Rico, Manancial de Abastecimento da Cidade de Jaboticabal - SP. **ARS Veterinária**, v. 28, n. 3, p. 177-184, 2012.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T. Influência da Precipitação na Qualidade da Água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, v. 59, n.1, p.181-186, 2004.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, p 243, 1996.

WHO. World Health Organization. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 16 abr. 2024.

Recebido em: 29/10/2024

Aprovado em: 16/12/2024