

# REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:  
Investigación, desarrollo y práctica.

## MONITORAMENTO AMBIENTAL DOS CÓRREGOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PALMAS – TO

Jéssica Paula de Oliveira Rodrigues <sup>1</sup>  
Cláudia da Silva Aguiar Rezende <sup>2</sup>  
Marcelo Mendes Pedroza <sup>2</sup>  
Marcelo Grison <sup>3</sup>

## ENVIRONMENTAL MONITORING OF URBAN STREAM IN THE MUNICIPALITY OF PALMAS – TO

Recibido el 11 de agosto de 2022. Aceptado el 17 de abril de 2023

### Abstract

*In order to disseminate knowledge about the control of anthropic activities arising from the implementation of large urban centers, this research had the objective to analyze qualitative and quantitative parameters about the water bodies of the Palmas-TO city as a baseline to the actions of Ambient monitoring in the urban watersheds of this region. The study area is compost for 8 water bodies inside the macrozone of the territorial ordering of the municipium with the streams: Cachimbo, Sussuapara, Brejo Comprido, Prata, Machado, Santa Barbara e Taquari. It was determined the parameters physico-chemistry and microbiology of the stream's quality water. The evaluation of hydrological aspects was made by the flow measurements, using the equipment Flowtracker serial P5001 and Sontek riversurveyor M9. The water quality results were evaluated according to CONAMA Resolution 357/05, for Class 2 water bodies. The results provides evidences that the degradation of the water's quality in the urban streams is a result of the urban expansion, that requires control actions and land use planning in order to minimize the environmental impacts and enabling to follow the the water quality standards pre-established by the Brazilian legislation.*

**Keywords:** water quality, quantitative aspects of water, urban streams, environmental monitoring.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Tocantins, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Brasil.

<sup>3</sup> Fundação Municipal de Meio Ambiente de Palmas – TO, Brasil.

\* *Autor correspondente:* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Palmas-TO-Brasil. 310 Sul, AV. LO-5, S/N, Plano Diretor Sul, Palmas-TO.CEP. 77-021 090. Email: [claudia@ifto.edu.br](mailto:claudia@ifto.edu.br)

## Resumo

No intuito de disseminar o conhecimento sobre o controle de atividades antrópicas decorrentes da implantação dos grandes centros urbanos, esta pesquisa buscou analisar os parâmetros qualitativos e quantitativos dos corpos hídricos urbanos no município de Palmas – TO como marco referencial às ações de monitoramento ambiental nas bacias hidrográficas urbanas da região. A área de estudo é composta por 8 corpos hídricos inseridos na macrozona de ordenamento territorial do município compreendendo os Córregos: Cachimbo, Sussuapara, Brejo Comprido, Prata, Machado, Santa Barbara e Taquari. Foram determinados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da qualidade da água dos córregos. A avaliação dos aspectos hidrológicos foi feita por meio de medições das vazões, utilizando os equipamentos Flowtracker Serial P5001 e Sontek riversurveyor M9. Os resultados de qualidade da água foram avaliados de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, para corpos hídricos de Classe 2. Os resultados fornecem evidências de que a degradação da qualidade da água dos córregos urbanos é consequência da expansão urbana, o que requer ações de controle e planejamento do uso do solo com intuito de minimizar os impactos ambientais e viabilizar o atendimento dos padrões de qualidade da água preestabelecidos pela legislação brasileira.

**Palavras-chave:** qualidade da água, aspectos quantitativos da água, córregos urbanos, monitoramento ambiental.

## Introdução

O crescimento urbano exerce um impacto direto na qualidade da água de mananciais em áreas urbanas. Tais impactos são influenciados pelo aporte de poluentes que acabam comprometendo o processo de autodepuração desses mananciais pela acumulação e propagação de resíduos líquidos e sólidos (Wang *et al.*, 2021). Neste aspecto, o processo de despoluição das bacias hidrográficas urbanas resulta em alto custo para a sociedade inviabilizando o uso dos córregos para fins de lazer e recreação, dentre outros (Liquete *et al.*, 2011).

Segundo Ranta *et al.* (2021) o uso e ocupação do solo no entorno das bacias hidrográficas urbanas sofre com a pressão antrópicas de forma muito intensa e desencadeia impactos negativos nos córregos urbanos. Essas áreas são responsáveis por diversos serviços ambientais importantes dos quais se destacam os serviços de: provisão, regulação, culturais e de suporte, além de funções ecológicas indispensáveis para a qualidade de vida e bem-estar populacional (Pereda *et al.*, 2021).

O monitoramento dos recursos hídricos é parte integrada do manejo ambiental, uma vez que a qualidade da água não está ligada apenas à finalidade de abastecimento da população humana, mas também é de essencial importância para o desenvolvimento econômico, preservação ambiental e qualidade de vida (Uprety *et al.*, 2019).

No Brasil, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, preconiza em seu Art. 2º os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos que refletem esses cuidados com a qualidade da água: I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos,

incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Tendo em vista que os serviços ambientais oferecidos pelos córregos urbanos são essenciais para a sobrevivência e bem-estar populacional, existe a necessidade de implantação de programas de monitoramento da qualidade da água para entender e controlar os impactos ambientais decorrentes da implantação dos grandes centros urbanos.

Neste aspecto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água nos córregos urbanos do município de Palmas-TO, estabelecendo a base inicial para as ações de monitoramento ambiental (qualidade e quantidade de água) nas microbacias da cidade.

### Metodologia

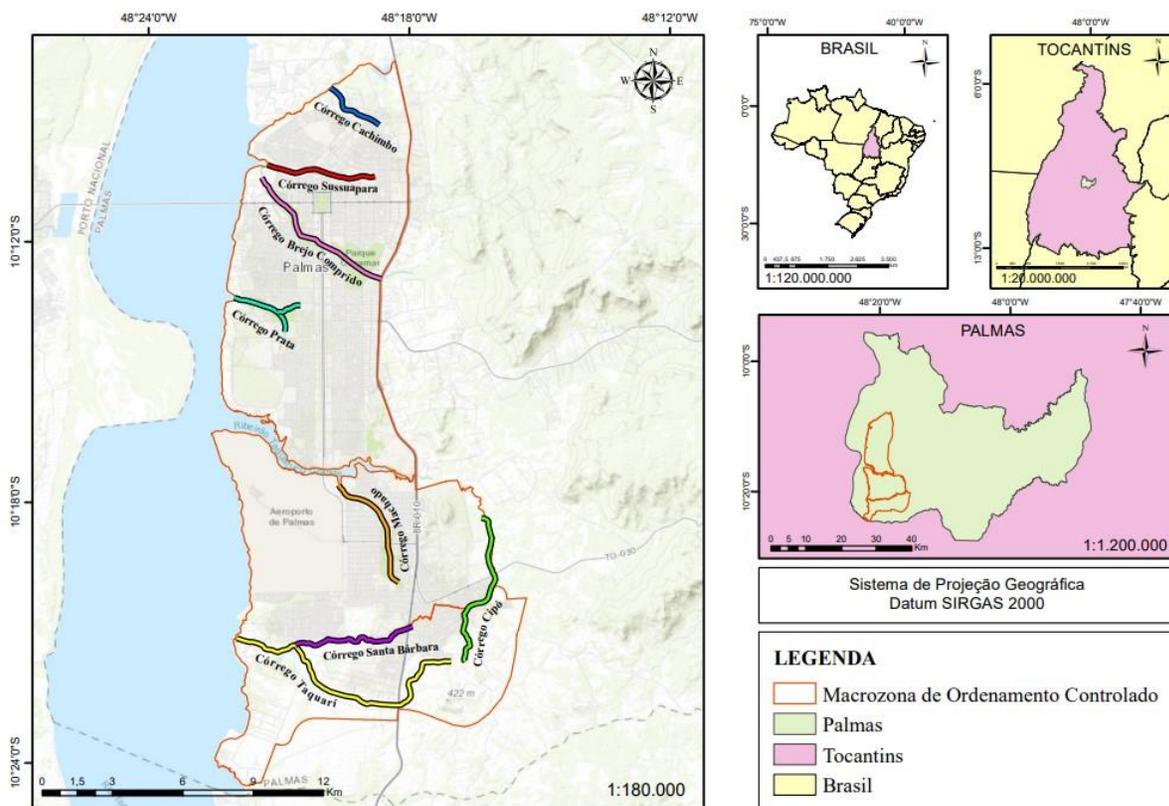
Com o intuito de subsidiar o monitoramento ambiental e produzir informações para o enquadramento de corpos d'água no município de Palmas – TO, buscou-se avaliar os padrões de qualidade e quantidade da água de 8 (oito) córregos urbanos localizados no Planos Diretor do município. Para tanto, foram realizadas coletas e análises laboratoriais dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água e avaliação dos aspectos hidrológicos por meio de medição de vazão para caracterização da disponibilidade hídrica.

### Área de estudo

A área de estudo compreende os Córregos Cachimbo, Sussuapara, Brejo Comprido, Prata, Machado, Santa Barbara, Taquarí e Cipó, localizados no Município de Palmas – TO. O clima predominante no Estado do Tocantins é o tropical, sendo definido por apresentar estação chuvosa, durante o verão, nos meses de novembro a abril, e estação seca no período de inverno, nos meses de maio a outubro, com temperaturas médias anuais variando entre 22°C e 27°C e precipitação média anual entre 600 e 2.000 mm (MMA, 2007).

Os córregos urbanos objetos deste estudo estão inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins, margem direita, conforme mostra a Figura 1.

A Tabela 1 apresenta as características dos corpos hídricos urbanos referentes as suas extensões e respectivas sub-bacias hidrográficas.



**Figura 1.** Localização das microbacias hidrográficas de estudo.

Fonte: Autores (2022).

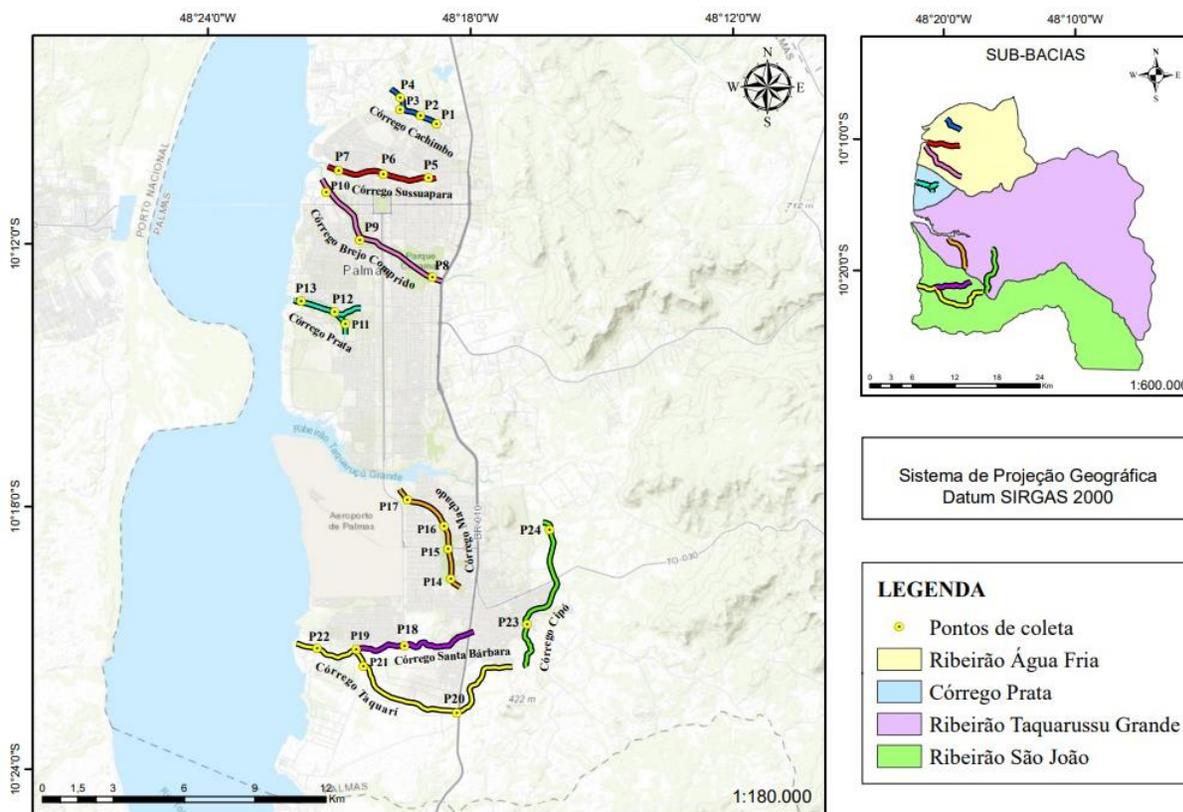
**Tabela 1.** Características dos corpos hídricos urbanos.

| Corpo hídrico          | Extensão (m) | Sub-bacia                  |
|------------------------|--------------|----------------------------|
| Córrego Cachimbo       | 2776         | Ribeirão Água Fria         |
| Córrego Sussuapara     | 4481         | Ribeirão Água Fria         |
| Córrego Brejo Comprido | 10853        | Córrego Brejo Comprido     |
| Córrego do Prata       | 2828         | Córrego do Prata           |
| Córrego Machado        | 5344         | Ribeirão Taquarussu Grande |
| Córrego Cipó           | 7525         | Ribeirão Taquarussu Grande |
| Córrego Santa Bárbara  | 5505         | Ribeirão São João          |
| Córrego Taquari        | 10719        | Ribeirão São João          |

Fonte: Autores (2022)

Para a escolha dos corpos hídricos foram utilizados critérios de inclusão, tendo como fator principal os córregos que têm suas nascentes dentro na macrozona de ordenamento territorial do município de Palmas. Entretanto, o único córrego que não entrou nesse critério foi o Córrego Brejo Comprido, pois sua nascente é situada fora da macrozona, porém, tal inclusão foi efetivada, haja vista a grande importância desse recurso hídrico para a região central do município, no qual oferece serviços recreativos essenciais para qualidade de vida da população.

Os pontos de coleta de água foram determinados de acordo com os fatores antrópicos locais, como exemplo: contribuição de vias urbanas, lançamento de drenagem, pontos de drenagem, lançamento de efluentes e pontes (Figura 2).



**Figura 2.** Pontos de coleta de água.

Fonte: Autores (2022)

### Análise da qualidade da água

Para os procedimentos do estudo foram analisados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos córregos urbanos conforme padrões de qualidade aplicáveis a águas doces, estabelecidos na Resolução CONAMA n° 357/2005 (BRASIL, 2005).

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos são indicadores qualidade das águas (Peluso *et al.*, 2021), sendo assim, os resultados possibilitam a avaliação das condições das águas superficiais dos mananciais. As amostras de água foram coletadas em 24 (vinte e quatro) pontos distribuídos pelos oito corpos hídricos. Os parâmetros analisados estão descritos no Quadro 1.

| Parâmetros                     | Unidade    | Método de Referência             |
|--------------------------------|------------|----------------------------------|
| Temperatura                    | °C         | Medida Direta – APHA (2017)      |
| Condutividade Elétrica         | µS/cm      | Medida Direta – APHA (2017)      |
| Turbidez                       | NTU        | Medida Direta – APHA (2017)      |
| Sólidos Totais Dissolvidos     | PPM        | Medida Direta – APHA (2017)      |
| pH                             | Escala     | Medida Direta – APHA (2017)      |
| Demanda Bioquímica de Oxigênio | mg/L       | Diferenciação – APHA (2017)      |
| Oxigênio Dissolvido            | mg/L       | Medida Direta – APHA (2017)      |
| Amônia                         | mg/L       | Espectrofotometria – APHA (2017) |
| Nitrito                        | mg/L       | Espectrofotometria – APHA (2017) |
| Nitrato                        | mg/L       | Espectrofotometria – APHA (2017) |
| Fósforo total                  | mg/L       | Espectrofotometria – APHA (2017) |
| Clorofila - a                  | µg/L       | Espectrofotometria – APHA (2017) |
| Coliformes totais              | NMP/100 mL | Método Cromogênico – APHA (2017) |
| Escherichia coli               | NMP/100 mL | Método Cromogênico – APHA (2017) |

**Quadro 1.** Parâmetros de análise da qualidade da água.

Fonte: Autores (2022)

Os parâmetros coliformes totais, pH, DBO, nitrogênio, amônia, nitrito, nitrato, fósforo total, temperatura, turbidez, sólidos totais dissolvidos e oxigênio dissolvido, foram avaliados a fim de determinar a qualidade da água de um córrego de acordo com o Índice de Qualidade da Água - IQA (Amaral e Saron, 2017). A condutividade elétrica está relacionada à quantidade de sais e íons dissolvidos na água, sendo um indicador de contaminação por despejos de efluentes industriais e domésticos (Bollmann *et al.*, 2006). A temperatura da água é um dos parâmetros que pode ser alterada por fatores como despejo de esgoto, latitude, altitude, período sazonal, fluxo de vazão e profundidade de um corpo hídrico (Mandarić *et al.*, 2018). Segundo Peluso *et al.* (2021) o pH é dado pela atividade do íon hidrogênio (H<sup>+</sup>), sua escala indica se o meio é ácido, básico ou neutro.



## Resultados e discussões

### Análise da qualidade da água

A Tabela 2 mostra os resultados das análises realizadas no Córrego Cachimbo, localizado na região norte do Plano Diretor de Palmas - TO em dois períodos climáticos, período chuvoso (C) e período de seca (S). A área apresenta no seu entorno parte da expansão da cidade com ocupação urbana sem planejamento de uso e ocupação do solo, além de pequenas chácaras. Os resultados mostram que os parâmetros de turbidez, sólidos totais dissolvidos, demanda bioquímica de oxigênio, nitrito, nitrato e clorofila-a mantiveram-se dentro dos padrões estipulados para Classe 2, conforme Resolução CONAMA nº 357/2005.

No período de seca (S) foi observado que o oxigênio dissolvido (OD) encontrava-se abaixo dos parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 357/2005 nos pontos P2, P3 e P4. O oxigênio dissolvido é fundamental para os seres aquáticos. Os valores de OD inferiores à saturação indicam presença de matéria orgânica em excesso para os níveis de Classe 2. Nos locais foram observados pontos de lançamentos de efluentes domésticos das habitações do entorno da microbacia bacia hidrográfica. Quanto ao pH, verificaram-se valores levemente inferiores ao preconizado para corpos d'água de Classe 2 no período chuvoso.

Além dos parâmetros físico-químicos, notou-se a ocorrência de coliformes totais superiores ao preconizado pela legislação nos pontos amostradas, a exceção do ponto P1 (S). As bactérias patogênicas são organismos protistas unicelulares comumente associadas à presença de esgoto doméstico e que podem ser responsáveis por doenças diarreicas.

**Tabela 2.** Qualidade da água do Córrego Cachimbo.

| Parâmetro         | Unidades   | P1     |     | P2     |         | P3      |         | P4      |         |
|-------------------|------------|--------|-----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                   |            | C      | S   | C      | S       | C       | S       | C       | S       |
| Temperatura       | °C         | 26.82  | S/a | 27.68  | 29.3    | 28.99   | 29.2    | 28.44   | 28.1    |
| Condutividade     | µS/cm      | 56     | S/a | 59     | 43.7    | 47      | 34.4    | 68      | 51.2    |
| Turbidez          | NTU        | 11.1   | S/a | 3.8    | 8.82    | 19.1    | 63.4    | 8.1     | 28.9    |
| STD               | PPM mg/L   | 37     | S/a | 38     | 21.9    | 31      | 17.2    | 44      | 25.6    |
| pH                | (-)        | 6.03   | S/a | 5.35   | 6.54    | 5.68    | 6.18    | 5.52    | 6.18    |
| DBO               | mg/L       | 0.55   | S/a | 1.31   | 1.64    | 2.12    | 2.21    | 2.91    | 3.46    |
| OD                | mg/L       | 7.72   | S/a | 5.41   | 4.99    | 7.34    | 4.48    | 7.54    | 4.34    |
| Amônia            | mg/L       | 0.05   | S/a | 0.07   | 0.04    | 0.17    | 0.33    | 0.12    | 0.14    |
| Nitrito           | mg/L       | 0.007  | S/a | 0.008  | 0.005   | 0.007   | 0.004   | 0.007   | 0.006   |
| Nitrato           | mg/L       | 1.2    | S/a | 1.8    | 1.6     | 1.6     | 0.9     | 2.4     | 2.3     |
| Fósforo total     | mg/L       | 0.06   | S/a | 0.05   | 0.04    | 0.08    | 0.09    | 0.06    | 0.03    |
| Clorofila-a       | µg/L       | 0.29   | S/a | 0.22   | <0.002  | 0.8     | 0.01    | 0.63    | <0.002  |
| Coliformes totais | NMP/100 mL | 2419.6 | S/a | 1299.7 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 |
| Escherichia coli  | NMP/100 mL | 304.4  | S/a | 111.2  | 1413.6  | 378.4   | 344.8   | 365.4   | 235.9   |

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.

Fonte: Autores, 2022.

O Córrego Sussuapara também se localiza na região norte de Palmas, entretanto tem sua nascente e foz totalmente dentro da área urbana. A área conta com a estrutura de um parque para atividades de recreação e lazer. A Tabela 3 apresenta os resultados da análise da qualidade água e nota-se que os parâmetros de turbidez, sólidos totais dissolvidos, DBO, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato e clorofila-a mantiveram-se dentro dos padrões permitidos e estipulados na Resolução CONAMA 357/2005 durante os dois períodos climáticos, para a Classe 2. Entretanto, o pH, que indica o nível de acidez, apresentou-se superior ao preconizado pela norma no período chuvoso nos pontos P5, P6 e P7. Além disso, o fósforo total apresentou-se superior a legislação nos pontos P5 e P6. O aporte de fósforo no ambiente aquático pode desencadear o crescimento desordenado de microalgas o que pode indicar processo de eutrofização. Na microbacia do Córrego Sussuapara foram localizados três pontos de lançamentos de rede de águas pluviais e vários pontos de lançamentos clandestinos de efluentes domésticos o que pode explicar a alteração no parâmetro Coliformes totais e Escherichia coli.

**Tabela 3.** Qualidade da água do Córrego Sussuapara.

| Parâmetro         | Unidades   | P5      |     | P6      |         | P7      |        |
|-------------------|------------|---------|-----|---------|---------|---------|--------|
|                   |            | C       | S   | C       | S       | C       | S      |
| Temperatura       | °C         | 27.63   | S/a | 27.79   | 27.7    | 28.46   | 26.4   |
| Condutividade     | µS/cm      | 104     | S/a | 26      | 20.11   | 27      | 23.64  |
| Turbidez          | NTU        | 1.7     | S/a | 0.4     | 3.19    | 1.6     | 6.74   |
| STD               | PPM mg/L   | 67      | S/a | 17      | 10.05   | 0.018   | 11.8   |
| pH                | (-)        | 5.61    | S/a | 5.66    | 6.33    | 5.86    | 6.69   |
| DBO               | mg/L       | 2.3     | S/a | 0.35    | 1.01    | 1.67    | 0.96   |
| OD                | mg/L       | 6.67    | S/a | 6.74    | 5.7     | 7.58    | 5.55   |
| Amônia            | mg/L       | 0.11    | S/a | 0.04    | 0.04    | <0.02   | 0.2    |
| Nitrito           | mg/L       | 0.007   | S/a | 0.006   | 0.004   | 0.06    | 0.006  |
| Nitrato           | mg/L       | 0.5     | S/a | 0.7     | 0.7     | 0.9     | 0.8    |
| Fósforo total     | mg/L       | 0.15    | S/a | 0.14    | 0.07    | 0.06    | 0.1    |
| Clorofila-a       | µg/L       | 0.36    | S/a | 0.55    | <0.002  | 0.25    | <0.002 |
| Coliformes totais | NMP/100 mL | >2419.6 | S/a | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | 125.9  |
| Escherichia coli  | NMP/100 mL | 1553.1  | S/a | 64.4    | 178.9   | 613.1   | 56.7   |

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.

Fonte: Autores, 2022.

No caso do Córrego Brejo Cumprido, localizado na região central do Plano Diretor de Palmas-TO, foram realizadas coletas de amostras de águas somente na parte contida dentro da área urbana. A área acomoda um importante parque de lazer e recreação contando com um lago que funciona também como bacia de contenção e sedimentação da rede de águas pluviais. Assim, na Tabela 4 é possível observar os indicadores de qualidade da água associados às atividades de uso e ocupação do solo em seu entorno. Os resultados, quando comparados com a legislação,

mostram-se alterados para os parâmetros pH nos pontos P8, local acima da barragem do Lago do Parque Cesamar, nos dois períodos observados, e nos pontos P9 e P10, apenas no período de chuvoso. O oxigênio dissolvido também apresentou alteração nos períodos de estiagem nos três pontos. Além disso, observou-se presença de coliformes totais nos três pontos na estação chuvosa. Alterações no fósforo total também foram verificadas nos pontos P9 e P10 no período de estiagem. Nesse sentido, se verifica que as alterações nos parâmetros de qualidade da água estão relacionadas com os vários pontos de lançamentos de efluentes domésticos, embora a área conte com rede de esgoto e de águas pluviais ao longo de todo o trajeto do corpo d'água no perímetro urbano, além de contribuições à montante do Lago provenientes da área rural desassistida com a rede coletora de esgotamento sanitário.

**Tabela 4.** Qualidade da água do Córrego Brejo Comprido (área urbana).

| Parâmetro         | Unidades   | P8      |        | P9      |       | P10     |        |
|-------------------|------------|---------|--------|---------|-------|---------|--------|
|                   |            | C       | S      | C       | S     | C       | S      |
| Temperatura       | °C         | 26.76   | 27.9   | 28.18   | 27.7  | 28.53   | 28.9   |
| Condutividade     | µS/cm      | 25      | 14.11  | 28      | 20.55 | 30      | 28.24  |
| Turbidez          | NTU        | 6.2     | 13.7   | 92      | 32.7  | 7.7     | 23.1   |
| STD               | PPM mg/L   | 0.016   | 7.02   | 0.018   | 10.26 | 20      | 14.12  |
| pH                | (-)        | 5.58    | 5.83   | 5.47    | 6.13  | 5.57    | 6.43   |
| DBO               | mg/L       | 1.5     | 0.73   | 1.64    | 0.57  | 0.33    | 0.48   |
| OD                | mg/L       | 8       | 3.15   | 7.54    | 3.65  | 5.73    | 4.5    |
| Amônia            | mg/L       | 0.13    | 0.09   | 0.16    | 1.73  | 0.16    | 0.13   |
| Nitrito           | mg/L       | 0.007   | 0.003  | 0.008   | 0.002 | 0.007   | 0.004  |
| Nitrato           | mg/L       | 0.6     | 0.4    | 0.8     | 0.5   | 0.9     | 0.5    |
| Fósforo total     | mg/L       | 0.09    | 0.09   | 0.08    | 0.28  | 0.09    | 0.65   |
| Clorofila-a       | µg/L       | 0.42    | <0.002 | 0.65    | 1.18  | 0.36    | <0.002 |
| Coliformes totais | NMP/100 mL | >2419.6 | 103.5  | >2419.6 | 135.3 | >2419.6 | 47.1   |
| Escherichia coli  | NMP/100 mL | 517.2   | 60.5   | 686.7   | 49.6  | 579.4   | 36.9   |

*DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.*

*Fonte: Autores, 2022.*

A Tabela 5 apresenta os resultados analíticos de qualidade da água no Córrego do Prata. Este Córrego tem sua microbacia inserida totalmente na área urbana onde, anteriormente, existia uma estação de tratamento de esgoto. Os resultados demonstram alterações no pH nos pontos P11 e P12 nos dois períodos observados, a exceção do ponto P13 no período de estiagem, confirmando condições ácidas de qualidade da água. Para o OD foi verificou-se que, no período de estiagem, os resultados se apresentam abaixo dos níveis estabelecidos pela norma e que estas condições são desfavoráveis para o desenvolvimento de peixes, por exemplo. Além disso, foi observado alterações nos valores de fósforo total apenas nos pontos P11 e P13 no período chuvoso. O parâmetro coliforme total apresentou-se acima dos níveis preconizados pela Resolução CONAMA

n° 357/2005 nos três pontos, nas duas estações do ano. O parâmetro *Escherichia coli* apresentou resultado acima da norma no ponto P13, tanto no período chuvoso quanto no período de estiagem. O Córrego do Prata recebe lançamentos de vários pontos da rede de drenagem de águas pluviais, associados aos lançamentos de efluentes domésticos o que interfere na qualidade da água do corpo hídrico sobretudo no período de estiagem. Os demais parâmetros mantiveram-se dentro dos valores máximos permitidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 em ambas as estações.

**Tabela 5.** Qualidade da água do Córrego do Prata.

| Parâmetro               | Unidades   | P11    |        | P12     |         | P13     |         |
|-------------------------|------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                         |            | C      | S      | C       | S       | C       | S       |
| Temperatura             | °C         | 29.61  | 31.1   | 28.85   | 28.9    | 27.23   | 28.3    |
| Condutividade           | µS/cm      | 15     | 10.06  | 45      | 36.1    | 24      | 37.9    |
| Turbidez                | NTU        | 3.8    | 5.63   | 2.1     | 2.57    | 9.9     | 10.9    |
| STD                     | PPM mg/L   | 10     | 4.82   | 29      | 18      | 15      | 19      |
| pH                      | (-)        | 4.51   | 5.03   | 4.79    | 5.56    | 4.88    | 6.32    |
| DBO                     | mg/L       | 1.02   | 0.51   | 0.99    | 0.4     | 1.04    | 0.24    |
| OD                      | mg/L       | 6.98   | 2.95   | 7.24    | 1.03    | 6.62    | 2.78    |
| Amônia                  | mg/L       | <0.02  | 0.03   | 0.11    | 0.05    | 0.11    | 0.04    |
| Nitrito                 | mg/L       | 0.007  | 0.006  | 0.006   | 0.006   | 0.005   | 0.003   |
| Nitrato                 | mg/L       | 0.11   | 0.4    | 0.08    | 0.9     | 1       | 0.4     |
| Fósforo total           | mg/L       | 0.11   | 0.04   | 0.08    | 0.04    | 0.08    | 0.11    |
| Clorofila-a             | µg/L       | 0.28   | <0.002 | 0.26    | <0.002  | 0.08    | 0.2     |
| Coliformes totais       | NMP/100 mL | 1553.1 | 1553.1 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 |
| <i>Escherichia coli</i> | NMP/100 mL | 140.3  | 52     | 436     | 436     | 1203.3  | 1413.6  |

*DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.*

*Fonte: Autores, 2022.*

O Córrego Machado está localizado em uma região com alta taxa de uso e ocupação do solo, o que aumenta o nível de pressão antrópica provocada pelo desmatamento da mata ciliar e a deposição de resíduos sólidos e líquidos nas margens do corpo hídrico. Nesse sentido, a Tabela 6 apresentou as alterações nos parâmetros de qualidade da água: (a) oxigênio dissolvido, nos quatro pontos de coleta, no período de seca, quando há redução vazão; (b) fósforo total, no ponto P14, nas duas estações, e no ponto P16 na estação de seca; (c) Coliformes totais em todos os pontos, nos dois períodos analisados; e (d) *E. coli* no ponto P16, em ambas as estações, e no ponto P17 na estação de estiagem. As alterações na qualidade da água observadas nas análises estão relacionadas a presença de dejetos orgânicos que alteram as condições e padrões de qualidade da água em desconformidade com os requisitos para corpos d'água classe 2.

Os demais parâmetros mantiveram-se dentro dos valores aceitáveis preconizados na Resolução CONAMA 357/2005 em ambos os períodos.

**Tabela 6.** Qualidade da água do Córrego Machado.

| Parâmetro                    | Unidades      | P14     |         | P15     |        | P16     |         | P17     |         |
|------------------------------|---------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
|                              |               | C       | S       | C       | S      | C       | S       | C       | S       |
| Temperatura                  | °C            | 27.1    | 32.2    | 25.96   | 28.8   | 26.19   | 28.3    | 26.66   | 28.08   |
| Condutividade                | µS/cm         | 97      | 63.9    | 100     | 78.9   | 91      | 75.5    | 88      | 72.8    |
| Turbidez                     | NTU           | 2.4     | 12.7    | 3.4     | 41.9   | 4.2     | 30.5    | 18.6    | 22.3    |
| STD                          | PPM           | 62      | 31.9    | 65      | 39.5   | 58      | 37.8    | 57      | 36.4    |
| pH                           | (-)           | 6.86    | 6.49    | 6.82    | 6.33   | 6.69    | 6.52    | 6.4     | 6.82    |
| DBO                          | mg/L          | 1.21    | 0.31    | 2.19    | 0.82   | 2.93    | 1.41    | 1.87    | 1.22    |
| OD                           | mg/L          | 5.37    | 4.29    | 7.88    | 2.31   | 7.67    | 4.46    | 5.81    | 4.8     |
| Amônia                       | mg/L          | 0.33    | 0.14    | 0.43    | 0.27   | 0.2     | 0.1     | 0.2     | 0.2     |
| Nitrito                      | mg/L          | 0.006   | 0.009   | 0.006   | 0.007  | 0.006   | 0.069   | 0.004   | 0.0091  |
| Nitrato                      | mg/L          | 2.6     | 1.3     | 1.7     | 0.7    | 1.8     | 0.9     | 2.1     | 0.9     |
| Fósforo total                | mg/L          | 0.12    | 0.13    | 0.008   | 0.03   | 0.06    | 0.15    | 0.08    | 0.3     |
| Clorofila-a                  | µg/L          | 0.05    | 0.2     | 0.26    | 0.39   | 0.18    | <0.002  | 0.27    | <0.002  |
| Coliformes<br>terotolerantes | NMP/100<br>mL | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | 1413.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 |
| Escherichia<br>coli          | NMP/100<br>mL | 218.7   | 131.7   | 344.8   | 185    | 1046.2  | 686.7   | >2419.6 | 1119.9  |

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.

Fonte: Autores, 2022.

O Córrego Santa Bárbara, afluente do Córrego Taquarí pela margem direita, está localizado na região de expansão urbana do município de Palmas-TO com alta concentração de uso e ocupação do solo próximo à sua cabeceira. A Tabela 7 mostra os resultados das análises de água do Córrego onde foram observados a desconformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005 nos parâmetros: (a) pH e DBO no ponto P19, próximo a sua foz, na estação de seca; (b) fósforo total nos pontos P18 e P19 no período de estiagem; e (c) Coliformes totais nos pontos P18 e P19, nas duas estações. As alterações na qualidade da água estão relacionadas aos lançamentos de água da rede de drenagem urbana na área de cabeceira e anterior a sua foz. Os valores de coliformes totais indicam a presença de lançamentos de esgotos domésticos juntamente com a rede de drenagem.

A Tabela 8 representa os resultados das análises de qualidade da água realizadas no Córrego Taquarí. Os resultados demonstram que os parâmetros mantiveram-se dentro dos valores determinados na Resolução CONAMA 357/2005 em todos os períodos, com exceção dos parâmetros de DBO, OD e pH para o ponto P21. Neste ponto está localizado a foz do Córrego Santa Bárbara e, provavelmente, é responsável pelo aporte de nutrientes carreados pela rede de drenagem. O parâmetro coliforme total apresentou-se acima dos valores estabelecidos pela norma em todos os pontos nas duas estações do ano indicando presença de desejos orgânicos provenientes do lançamento de esgoto doméstico.

**Tabela 7.** Qualidade da água do Córrego Santa Barbara.

| Parâmetro         | Unidades   | P18     |         | P19     |         |
|-------------------|------------|---------|---------|---------|---------|
|                   |            | C       | S       | C       | S       |
| Temperatura       | °C         | 26.76   | 29.1    | 26.81   | 29.2    |
| Condutividade     | µS/cm      | 111     | 77.6    | 81      | 22.06   |
| Turbidez          | NTU        | 2.9     | 17.4    | 3.6     | 8.15    |
| STD               | PPM mg/L   | 72      | 38.8    | 53      | 11.02   |
| pH                | (-)        | 6.91    | 6.65    | 6.88    | 5.76    |
| DBO               | mg/L       | 0.41    | 1.65    | 1.94    | 5.76    |
| OD                | mg/L       | 5.21    | 3.18    | 6.02    | 3.03    |
| Amônia            | mg/L       | 0.21    | 0.12    | 0.22    | 0.09    |
| Nitrito           | mg/L       | 0.006   | 0.004   | <0.002  | 0.005   |
| Nitrato           | mg/L       | 2.1     | 0.6     | 1.8     | 1       |
| Fósforo total     | mg/L       | 0.08    | 0.04    | 0.09    | 0.09    |
| Clorofila-a       | µg/L       | 0.26    | 0.59    | 0.25    | <0.002  |
| Coliformes totais | NMP/100 mL | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 |
| Escherichia coli  | NMP/100 mL | 488.4   | 488.4   | 435.2   | 108.1   |

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.

Fonte: Autores, 2022.

**Tabela 8.** Qualidade da água do Córrego Taquarí.

| Parâmetro         | Unidades   | P20     |     | P21     |         | P22     |         |
|-------------------|------------|---------|-----|---------|---------|---------|---------|
|                   |            | C       | S   | C       | S       | C       | S       |
| Temperatura       | °C         | 27.19   | S/A | 26.57   | 28.7    | 26.74   | 29.7    |
| Condutividade     | µS/cm      | 30      | S/A | 20      | 9.88    | 48      | 17.79   |
| Turbidez          | NTU        | 1.4     | S/A | 4.3     | 12.3    | 5       | 12.5    |
| STD               | PPM mg/L   | 20      | S/A | 13      | 4.93    | 32      | 8.9     |
| pH                | (-)        | 6.75    | S/A | 6.65    | 5.27    | 6.97    | 6.12    |
| DBO               | mg/L       | 1.51    | S/A | 1.34    | 5.27    | 2.4     | 0.23    |
| OD                | mg/L       | 6.19    | S/A | 7.89    | 0.49    | 7.69    | 3.7     |
| Amônia            | mg/L       | 0.16    | S/A | 0.16    | <0.02   | 0.15    | 0.04    |
| Nitrito           | mg/L       | 0.006   | S/A | 0.003   | 0.014   | 0.005   | 0.004   |
| Nitrato           | mg/L       | 0.8     | S/A | 0.6     | 0.4     | 1.3     | 0.6     |
| Fósforo total     | mg/L       | 0.08    | S/A | 0.06    | 0.03    | 0.09    | 0.02    |
| Clorofila-a       | µg/L       | 0.4     | S/A | 0.21    | 0.2     | 0.1     | 0.002   |
| Coliformes totais | NMP/100 mL | >2419.6 | S/A | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 | >2419.6 |
| Escherichia coli  | NMP/100 mL | 298.7   | S/A | 325.5   | 111.2   | 206.4   | 686.7   |

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.

Fonte: Autores, 2022.

O Córrego Cipó é um dos afluentes pela margem esquerda do Ribeirão Taquaruçu, responsável pelo abastecimento de água no Município de Palmas, e considerado uma das áreas de expansão urbana. A Tabela 9 apresenta os resultados analíticos de qualidade da água realizadas no Córrego onde pode ser observado que, dentre os parâmetros analisados, os níveis de coliformes encontram-se acima dos níveis preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em ambos os períodos observados. Também verificou a presença de E. coli no ponto P24 no período chuvoso. Essas ocorrências indicam presença de dejetos orgânicos oriundos do lançamento de esgotos domésticos. No período chuvoso os parâmetros mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, com exceção de Escherichia coli no ponto P24. O Córrego Cipó é um corpo d'água intermitente por isso não foi possível realizar coleta de água no período de seca nos pontos P23 e P24.

**Tabela 9.** Qualidade da água do Córrego Cipó

| Parâmetro         | Unidades   | P23     |     | P24     |     |
|-------------------|------------|---------|-----|---------|-----|
|                   |            | C       | S   | C       | S   |
| Temperatura       | °C         | 27.72   | S/A | 26.94   | S/A |
| Condutividade     | µS/cm      | 39      | S/A | 45      | S/A |
| Turbidez          | NTU        | 0.6     | S/A | 3.9     | S/A |
| STD               | PPM mg/L   | 26      | S/A | 30      | S/A |
| pH                | (-)        | 6.71    | S/A | 6.99    | S/A |
| DBO               | mg/L       | 1.61    | S/A | 1.71    | S/A |
| OD                | mg/L       | 5.22    | S/A | 7.72    | S/A |
| Amônia            | mg/L       | 0.15    | S/A | 0.16    | S/A |
| Nitrito           | mg/L       | 0.004   | S/A | <0.002  | S/A |
| Nitrato           | mg/L       | 0.8     | S/A | 0.9     | S/A |
| Fósforo total     | mg/L       | 0.06    | S/A | 0.08    | S/A |
| Clorofila-a       | µg/L       | 0.13    | S/A | 0.18    | S/A |
| Coliformes totais | NMP/100 mL | >2419.6 | S/A | >2419.6 | S/A |
| Escherichia coli  | NMP/100 mL | 920.8   | S/A | 1046.2  | S/A |

*DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; OD: Oxigênio Dissolvido; C: período chuvoso; S: período de seca; S/a: sem água.*

*Fonte: Autores, 2022.*

### Aspectos hidrológicos

A Tabela 10 mostra os resultados das medições de vazões realizadas durante o período chuvoso e de estiagem. Os seguimentos demonstram que durante o período chuvoso havia fluxo hidrográfico em todos os pontos de medições de vazões, entretanto, no período de estiagem houve redução significativa dos volumes hidrológicos sobretudo no Córrego Cipó. Segundo relatos dos moradores locais há mais de 20 anos o córrego seca completamente nesse período. Esses aspectos caracterizam o curso d'água como intermitente, ou seja, apresenta fluxo de água apenas no período chuvoso.

**Tabela 10.** Medição de vazões (Q).

| Corpo hídrico          | Período Chuvoso (m <sup>3</sup> /s) | Período de Seca (m <sup>3</sup> /s) |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Córrego Cachimbo       | 0.1392                              | 0.0200                              |
| Córrego Sussuapara     | 0.1854                              | 0.0353                              |
| Córrego Brejo Comprido | 0.7065                              | 0.1194                              |
| Córrego do Prata       | 0.2770                              | 0.0880                              |
| Córrego Machado        | 0.2211                              | 0.0435                              |
| Córrego Santa Barbara  | 0.1857                              | 0.0145                              |
| Córrego Taquarí        | 0.2169                              | 0.0001                              |
| Córrego Cipó           | 0.5286                              | S/F                                 |

*S/F: sem fluxo.**Fonte: Autores (2022)*

A tendência de redução das vazões dos corpos hídricos pode estar correlacionada, em partes, pela redução do regime chuvoso. Entretanto, existe a possibilidade de que as vazões mínimas dos corpos hídricos correntes reflitam as condições de recarga dos aquíferos durante o período de estiagem, desta forma, o regime de chuvas, as condições de infiltrabilidade, o uso e ocupação do solo e as características fisiológicas da cobertura vegetal, influenciam diretamente nos aspectos hidrológicos dos corpos d'água (Santos *et al.*, 2010).

### Conclusões

Os resultados laboratoriais foram capazes de fornecer indicadores importantes de qualidade da água dos corpos hídricos inseridos na macrozona de ordenamento controlado do município de Palmas-TO. Com base nos resultados, os córregos urbanos possuem concentrações de *Escherichia coli* e coliformes totais acima dos limites permitidos para corpos d'água Classe 2, conforme estabelece a Resolução CONAMA 357/05.

Os resultados do monitoramento dos aspectos hidrológicos mostram que a variação sazonal exerce grande influência no fluxo de água dos corpos hídricos durante o período de estiagem. No entanto, além das variações climáticas, o uso e ocupação do solo impacta no ciclo hidrológico e na qualidade da água, pois o escoamento superficial, evapotranspiração, infiltração, propagação de sedimentos, recarga, drenagem e descarga de esgoto são condições que alcançam e intervêm nas bacias hidrográficas. Os efeitos combinados da poluição urbana e do desempenho hidrológico, demonstram que os serviços dos ecossistemas aquáticos, como absorção de nutrientes ou decomposição de matéria orgânica, são prejudicados pelas entradas de efluentes, especialmente no caso de esgoto não tratado, levando ao empobrecimento da biota dentro desses ecossistemas, por fim, constata-se que o estresse hidrológico aumenta o impacto da poluição urbana. As variações hidrológicas desencadeiam efeitos na estrutura e funcionamento

dos sistemas fluviais, na diminuição do fluxo, no aumento à exposição dos raios ultravioleta, na variação da temperatura da água elevando a concentrações de nutrientes, poluentes e disseminando espécies não nativas, com efeitos em cascata sobre a biodiversidade aquática, terrestre e no funcionamento do ecossistema.

O presente estudo demonstrou que as ações antrópicas decorrentes a implantação dos grandes centros urbanos é o principal impulsionador da ameaça sobre os serviços ambientais oferecidos pelas bacias hidrográficas existentes nessas áreas. As funções ecossistêmicas e seus benefícios podem ser comprometidas se os recursos naturais forem continuamente alterados por atividades humanas, tais como, industrialização, crescimento populacional e falta de planejamento urbano, uma vez que o crescimento das cidades aumenta a demanda por recursos hídricos.

Nesse contexto, propõe-se a implantação de um programa de monitoramento da qualidade da água nos córregos urbanos do município de Palmas-TO, estabelecendo bases para tomada de decisão e proposição de medidas de prevenção e correção da degradação ambiental nas bacias hidrográficas urbanas da região contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental.

### Referências bibliográficas

- Amaral, C.L.C., Saron, A. (2017). Aprendizagem de índice de qualidade da água a partir da aplicação de uma unidade de ensino potencialmente significativa. *EOL* 87–101. Acesso em 16 de agosto de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.36556/eol.vi25.278>
- Bollmann, H.A., Marques, D.M.L. da M. (2006). Influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. *Doutorado em Engenharia Ambiental (Imperial College)*. 11, 343–352. Acesso em 16 de agosto de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000400007>
- Wang, R., Kim, J., Li, M. (2021). Predicting stream water quality under different urban development pattern scenarios with an interpretable machine learning approach, *Science of the Total Environment*, 761, 144057. Acesso em 20 de outubro de 2021, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144057>
- Brasil (1997) Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989*. Brasília, Brasil, D.O.U de 09/01/1997, 470 pp. Acesso em: 05 de junho de 2020. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 357 (2005) *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências*. Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília - DF, 17 de março de 2005.. Acesso em 06 de outubro de 20, disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
- Liquete, C., Maes, J., Notte, A.L., Bidoglio, G. (2011). Securing water as a resource for society: an ecosystem services perspective, *Ecohydrology & Hydrobiology*, 11(3-4), 247-259. Acesso em 15 de julho de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.2478/v10104-011-0044-1>

- Khan, I., Lei, H., Muhammad, I., Zhao, M. (2021). Do residential localities matter? Revisiting preference heterogeneity and ranking of ecological attributes of an inland river basin. *Science of The Total Environment*, **763**, 142970. Acesso em 22 de janeiro de 2022, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142970>
- MMA, Ministério do Meio Ambiente (2007) Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação. Acesso em 16 de ago. de 2020, disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/5127>
- Mandaric, L., Mor, J.-R., Sabater, S., Petrovic, M. (2018). Impact of urban chemical pollution on water quality in small, rural and effluent-dominated Mediterranean streams and rivers. *Science of The Total Environment*, **613–614**, 763–772. Acesso em 16 de agosto de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.128>
- Pereda, O., Schiller, D.V., García-Baquero, G., Mor, J.R., Acuña, V., Sabater, S., Elosegí, A. (2021). Combined effects of urban pollution and hydrological stress on ecosystem functions of Mediterranean streams, *Science of The Total Environment*, **753**, 141971. Acesso em 12 de fevereiro de 2022, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141971>
- Peluso, J., Pérez Coll, C.S., Aronzon, C.M. (2021). In situ exposure of amphibian larvae (*Rhinella fernandezae*) to assess water quality by means of oxidative stress biomarkers in water bodies with different anthropic influences. *Chemosphere*, **271**, 129598. Acesso em 12 de fevereiro de 2022, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129598>
- Peluso, J., Pérez Coll, C.S., Cristos, D., Rojas, D.E., Aronzon, C.M. (2021). Comprehensive assessment of water quality through different approaches: Physicochemical and ecotoxicological parameters. *Science of The Total Environment*, **800**, 149510. Acesso em 16 de janeiro de 2022, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149510>
- Ranta, E., Vidal-Abarca, M.R., Calapez, A.R., Feio, M.J. (2021). Urban stream assessment system (UsAs): An integrative tool to assess biodiversity, ecosystem functions and services, *Ecological Indicators*, **121**, 106980. Acesso em 12 de fevereiro de 2022, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106980>
- Risal, A., Parajuli, P.B., Dash, P., Ouyang, Y., Linhoss, A. (2020). Sensitivity of hydrology and water quality to variation in land use and land cover data, *Agricultural Water Management*, **241**, 106366. Acesso em 10 de setembro de 2021, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106366>
- Santos, E.H.M., Griebeler, N.P., Oliveira, L.F.C. (2010). Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite, *Rev. bras. eng. agríc. Ambiente*, **14**, 826–834. Acesso em 23 de setembro de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000800006>
- Uprety, M., Ochoa-Tocachi, B.F., Paul, J.D., Regmi, S., Buytaert, W. (2019). Improving water resources management using participatory monitoring in a remote mountainous region of Nepal, *Journal of Hydrology: Regional Studies*, **23**, 100604. Acesso em 15 de julho de 2020, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100604>
- Wang, R., Kim, J., Li, M. (2021). Predicting stream water quality under different urban development pattern scenarios with an interpretable machine learning approach, *Science of the Total Environment*, **761**, 144057. Acesso em 20 de outubro de 2021, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144057>