

VARIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM RELAÇÃO À SAZONALIDADE E AO USO DA TERRA NO SUL DA REGIÃO AMAZÔNICA

Joici Rodrigues Silva Prado

Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos
E-mail: joicirsp@hotmail.com

Daniela Maimoni de Figueiredo

Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos
E-mail: dani_figueiredo@uol.com.br

Eliana Freire Gaspar de Carvalho Dores

Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos
E-mail: elidores@gmail.com

Kuang Hongyu

Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Estatística
E-mail: prof.kuang@gmail.com

Aquila José Gonçalves Delfino

Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Estatística
E-mail: aquilajg@gmail.com

Daniel Victor Brito Rodrigues

Universidade Federal de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Geografia
E-mail: rodrigues8daniel@gmail.com

Resumo

A expansão do agronegócio na porção sul da Região Hidrográfica Amazônica vem resultando em impactos ambientais, particularmente sobre os rios da Bacia do Teles Pires (BHTP), localizada em Mato Grosso, onde são escassos estudos com esta abordagem. Este trabalho objetiva analisar a variação da qualidade da água de seis córregos da BHTP e verificar se ocorrem alterações oriundas do uso da terra. Calculou-se o percentual de área desmatada nas sub-bacias dos seis córregos e, em cada córrego, foram efetuadas 10 coletas de água, com frequência trimestral, entre 2014-2016, onde foram medidas 14 variáveis físicas, químicas e biológicas. Com os resultados, foram calculados a mediana, o desvio padrão e o índice de qualidade da água (IQA). Foram ainda aplicados testes multivariados e feitas comparações com os padrões da legislação aplicável. A variação da qualidade da água resultou da complexa interação entre os fatores naturais (sazonalidade de chuva) e antrópicos (uso da terra), principalmente. As maiores medianas de condutividade, cor e ferro, os maiores percentuais de violação da legislação e os menores IQA ocorreram na época de chuva e nas sub-bacias mais desmatadas. Constatou-se que é fundamental incluir os rios de pequena ordem na gestão integrada e no estudo de bacias agrícolas, pois são ambientes sensíveis às relações de causa-efeito resultantes das indissociáveis conexões terra-água.

Palavras-chave: Agronegócio; Conexão hidrológica; Córregos; Desmatamento.

WATER QUALITY VARIATION IN RELATION TO SEASONALITY AND LAND USE IN THE SOUTH AMAZON REGION

Abstract

The agribusiness expansion in the southern portion of the Amazon Hydrographic Region has resulted in environmental impacts, particularly on the rivers in the Teles Pires River Basin (BHTP), located in Mato Grosso State, where studies with this approach are scarce. This work aims to analyze water quality variation of six streams of BHTP and check if there are changes arising from land use. Deforestation percentage of each sub-basin of the six streams was calculated and in each stream, 10 water samples were carried out with quarterly frequency between 2014-2016, where 14 physical, chemical and biological water variables were measured. The median, standard deviation and water quality index (WQI) were calculated about results, as well as multivariate tests were applied and legislation standard comparisons were made. Water quality variation resulted from the complex interaction between natural and anthropogenic factors. The highest conductivity, color and iron median, the highest percentages of violation of the legislation standard and the lowest WQI occurred in the rainy season and in the most deforested sub-basins. It was found that it is essential to include small rivers (streams) in the integrated management and study of agricultural hydrographic basins, as they are sensitive environments to cause-effect relationships resulting from the inseparable land-water connections.

Key-words: Agribusiness; Hydrological connection; Streams; Deforestation.

VARIACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN RELACIÓN CON LA ESTACIONALIDAD Y EL USO DE LA TIERRA EN LA REGIÓN DE AMAZONAS DEL SUR

Resumen

La expansión de los agronegocios en la parte sur de la Región Hidrográfica del Amazonas ha resultado en impactos ambientales, particularmente en los ríos de la Cuenca del Río Teles Pires (BHTP), ubicada en Mato Grosso, donde los estudios con este enfoque son escasos. Este trabajo tiene como objetivo analizar la variación en la calidad del agua de seis corrientes de BHTP y verificar si hay cambios derivados del uso de la tierra. El porcentaje de área deforestada en las sub cuencas de las seis corrientes se calculó y en cada corriente, se realizaron 10 muestras de agua, con frecuencia trimestral, entre 2014-2016, donde se midieron 14 variables física, química y biológica. Con los resultados, se calculó la mediana, la desviación estándar y el índice de calidad del agua (AQI). También se aplicaron pruebas multi variables y se realizaron comparaciones con los estándares de la legislación aplicable. La variación en la calidad del agua resultó de la interacción compleja entre factores naturales (estacionalidad de la lluvia) y antrópicos (uso de la tierra), principalmente. Las medianas más altas de conductividad, color y hierro, los porcentajes más altos de violación de la legislación y el IQA más bajo ocurrieron en la temporada de lluvias y en las sub cuencas más deforestadas. Se descubrió que es esencial incluir ríos pequeños en la gestión integrada y en el estudio de las cuencas agrícolas, ya que son entornos sensibles a las relaciones causa-efecto resultantes de conexiones inseparables de tierra y agua.

Palabras clave: Agronegocios; Conexión hidrológica; Corrientes; Deforestation.

Introdução

Existe um amplo conhecimento na literatura científica, adotando escalas e métodos diferentes, que demonstram os efeitos da interação entre os rios, que são sistemas abertos, com o ambiente terrestre da bacia de drenagem. Na Região Hidrográfica Amazônica, Sioli

(1951) foi o precursor no estudo científico desta interação ao identificar um padrão natural nos rios, classificando-os como águas brancas, claras e pretas, como resultado, principalmente, das condições geopedológicas das áreas de captação.

Nas últimas décadas, os estudos com esta abordagem têm considerado ainda os efeitos das atividades humanas sobre os rios amazônicos, principalmente na porção sul que compreende a área das nascentes em direção à foz dos principais afluentes da margem direita do rio Amazonas. Nesta região, houve um intenso fluxo migratório a partir de 1970, que alterou consideravelmente a paisagem devido ao desmatamento do cerrado e da floresta para o plantio de pasto e, posteriormente, também de grãos de ciclo anual. Dentre os estudos que relacionam os efeitos do uso da terra sobre os ecossistemas aquáticos, destacam-se os que apontam alterações na disponibilidade, na qualidade da água (DIAS et al., 2015; HUNKE et al., 2015; NEILL et al., 2013; ALCANTARA, 2009; COE et al., 2009; DAVIDSON et al., 2004) e nas condições hidroquímicas (NÓBREGA et al., 2018; SOUSA, 2008), na contaminação da água por agrotóxicos (CARNEIRO et al., 2015), na mudança da geomorfologia fluvial pelo assoreamento do leito dos rios, resultante da erosão do solo, com prejuízos e conflitos nos usos múltiplos da água, como abastecimento público (ROBOREDO et al., 2017), entre outros.

A bacia do rio Teles Pires (BHTP), localizada na porção sul da Região Hidrográfica Amazônica, no Estado de Mato Grosso, é um exemplo emblemático da expansão dessa fronteira agrícola, principalmente a partir de 1990, com a ampliação da agropecuária em grandes fazendas tecnológicas, que contribuem para que Mato Grosso seja líder na produção de soja, carne, girassol, algodão e milho e uma das áreas *hotspot* do agronegócio no Brasil e no mundo (IORIS, 2017). Por outro lado, o agronegócio nesta bacia, bem como em outras partes do Brasil, resulta em uma série de impactos sociais e ambientais negativos, que são agravados com a pouca restrição ambiental e regulatória (IORIS, 2017) e com o modelo de governança da água (FIGUEIREDO; IORIS, 2021).

Apesar da escassez de conhecimento sobre os rios da BHTP, em geral, e sobre os efeitos do agronegócio sobre estes ecossistemas aquáticos, em específico, destacam-se as pesquisas desenvolvidas por Andrietti et al. (2016), Bleich et al. (2016), Ferreira et al. (2014), Moreira (2011), Caovilla et al. (2008), Umetsu et al. (2007), Umetsu (2009), Dalmagro et al. (2007) e Fonseca e Zeilhofer (2007). A maior parte destes estudos inclui a avaliação da qualidade da água e foi efetuada na porção baixa desta bacia, sendo que nas porções alta e média, onde a atividade agropecuária é mais intensa e onde se localizam as principais

nascentes da BHTP, são raras as pesquisas em rios, particularmente nos de pequena ordem.

Além desses estudos com enfoque acadêmico, a Secretaria de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT) monitora sistematicamente a qualidade da água do rio Teles Pires e de três afluentes principais, cujos resultados permitem conhecer as tendências gerais da qualidade da água em grande e média escala, mas neste estudo não são apontadas as respostas destes rios aos efeitos do uso da terra (SEMA, 2018).

O monitoramento efetuado pela SEMA-MT atende ao estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433 de 1997; BRASIL, 1997) e é parte das ações previstas no instrumento de gestão denominado *Sistema de Informações*, um dos pilares para os demais instrumentos e para o alcance da gestão integrada, que deve considerar ainda “todos os aspectos físicos, sociais e econômicos localizados na área da bacia hidrográfica” (CARVALHO, 2020). A avaliação da qualidade da água, portanto, é um dos caminhos para esta integração, pois viabiliza um amplo diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica estudada, permitindo analisar as respostas dos ambientes aquáticos (em termos espaciais e temporais) aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência (CUNHA; CALIJURI, 2010).

Embora as associações entre uso da terra e corpos d'água superficial estejam bem estabelecidas em regiões temperadas, pouco se sabe sobre como a agricultura intensiva influencia a qualidade da água nas regiões tropicais, particularmente na porção sul da Região Hidrográfica Amazônica, onde são raros estudos em nível de ecossistema que gerem conhecimento sobre seus impactos ambientais ou sustentabilidade (NEILL et al., 2013). Este conhecimento é ainda mais escasso em rios de primeira a terceira ordem (córregos), que são ambientes que funcionam como “capilares” do sistema hidrográfico, pois é “onde todos os aspectos importantes do ecossistema, do sistema geomórfico e do sistema químico fluvial começam” (FREEEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007). Os córregos compõem os elementos hidrológicos e biogeoquímicos nas paisagens, conectando o ambiente terrestre aos rios maiores (FIGUEIREDO et al., 2010) e são ecossistemas mais vulneráveis às ações antrópicas, sujeitos à uma maior variabilidade hidroquímica (BLEICH et al., 2016), principalmente em bacias agrícolas onde “são diretamente influenciados pelas decisões de manejo no nível das fazendas” (MACEDO et al., 2012). Os córregos são, portanto, ambientes que respondem aos efeitos da atividade agropecuária em bacias rurais, o que motivou o desenvolvimento da presente pesquisa em seis córregos da BHTP, visando contribuir tanto com o conhecimento acadêmico sobre pequenos rios amazônicos, quanto

para a gestão dos recursos hídricos. Os objetivos principais deste estudo são: i) analisar a variação espacial e temporal da qualidade da água; ii) identificar os fatores naturais e antrópicos responsáveis por esta variação e iii) verificar se ocorrem alterações na qualidade da água relacionadas ao uso da terra nas áreas de drenagem destes córregos.

Material e Métodos

Área de Estudo

A Região Hidrográfica Amazônica, uma dentre as 12 regiões hidrográficas brasileiras, concentra 81% da disponibilidade de água superficial no país e ocupa cerca de 45% do território nacional e 65,7% do Estado de Mato Grosso (ANA, 2019; SEMA, 2009; Figura 1). Os principais afluentes da margem direita do rio Amazonas têm suas nascentes localizadas neste Estado, como é o caso do rio Tapajós, que é formado pela confluência dos rios Juruena e Teles Pires (Figura 1). A BHTP engloba total ou parcialmente 35 municípios, sendo 33 localizados em Mato Grosso e dois no Estado do Pará, possuindo aproximadamente 141.483 km² de área e 3.647 km de perímetro (EPE, 2008).

Este estudo foi desenvolvido em seis córregos tributários do rio Teles Pires, no limite entre as porções alta e média da BHTP (SEMA, 2009), na zona de transição entre os biomas de floresta Amazônica e cerrado (Figura 1), com ocorrência de Floresta Secundária e Savana arborizada ou Cerradão. Os solos predominantes são do tipo Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo (CAMARGO, 2011). Moreira e Vasconcelos (2007) caracterizam ambos como solos minerais não hidromórficos, profundos, bem drenados, intemperizados, com teor de ferro entre 8 e 18%, ácidos a muito ácidos e com atração magnética fraca, com porosidade média e alta, respectivamente.

A porção alta e média da BHTP está localizada na unidade geomorfológica Planalto Parecis (altitudes entre 300-400m), uma grande bacia sedimentar, com formações aluvionares areníticas, silicas e argilosas, em local de ampla superfície do aplanamento que exhibe homogeneidade topográfica, dissecação predominantemente tabular e padrão geral de drenagem sub dendrítica, que possibilitam maiores taxas de infiltração e, conseqüentemente, menores flutuações entre os índices de vazão (ALCANTARA, 2009).

Na área de estudo, localizada na subunidade geomorfológica denominada Chapada dos Parecis (SILVA, 2013), ocorrem a Formação Ronuro, de idade terciária-quadernária, com sedimentos pouco consolidados, representado por areia, silte, argila e cascalho além de lateritas, e a Formação Salto das Nuvens, do Cretáceo Médio a Superior, representadas por

conglomerados petromíticos de matriz argilo-arenosa intercalados por lentes de arenitos vermelhos de granulometria variável desde muito fina a conglomerática (CPRM, 2004).

O sistema de aquíferos na área de estudo, denominado Aquífero Parecis, é granular, com permeabilidade média a alta (CAMARGO et al., 2011), representado pela sequência cretácea da Bacia dos Parecis, cujos sedimentos recobrem as rochas do Cráton Amazônico, constituído essencialmente por uma sucessão de arenitos, com intercalações de níveis pelíticos e conglomerados pertencentes ao Grupo Parecis (SILVA, 2013). No contexto hidrogeológico do Brasil, é enquadrado na Província Hidrogeológica Centro-Oeste, constituindo-se num aquífero livre em meio poroso (SILVA, 2013).

O clima da região é do tipo Equatorial Continental Úmido, com temperatura média anual variando de 24,1 a 25,0° C e pluviosidade de 2.000 a 2.200 mm, com duas épocas do ano bem definidas, chuva de novembro (outubro) a março e estiagem de maio a setembro (outubro), com maior concentração de chuva entre dezembro e fevereiro (800-1.000 mm; TARIFA, 2011). Santos et al. (2017) avaliaram a precipitação entre 1997 e 2014, constatando a nítida sazonalidade anual na porção média da bacia, onde foi efetuado este estudo, com precipitação máxima em janeiro (347,5 mm) e mínima em julho (8,6 mm; Figura 2).

Vale mencionar que, desde março de 2019, os córregos do presente estudo se tornaram tributários do reservatório da Hidrelétrica de Sinop (UHE Sinop), que possui uma área alagada 337 km² e tempo de residência de cerca de 35 dias, e encontra-se instalado no leito do rio Teles Pires, sendo o mais a montante de quatro hidrelétricas instaladas neste rio na última década.

Coleta dos Dados

A identificação e cálculo do percentual de cada uso da terra das áreas de drenagem dos seis córregos avaliados neste estudo foi efetuado com o *software* ArcGis, com imagens do satélite Landsat 8 de 06 de junho de 2017, sendo que o nome das sub-bacias e seus respectivos códigos, adotados tanto para o uso da terra quanto para os pontos de coleta de água nos córregos, estão descritos na Figura 1.

As coletas de água foram efetuadas no exutório de cada sub-bacia (Figura 1) com frequência trimestral, entre maio de 2014 e novembro de 2016, compondo um total de dez amostragens, sendo quatro amostragens no período chuvoso (janeiro 2015, novembro 2015, fevereiro 2016 e novembro 2016) e seis na estiagem (maio 2014, julho 2014, outubro 2014, agosto 2015, maio 2016 e agosto 2016). A definição destas épocas do ano foi baseada nos

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 159-184, mai-ago, 2021.

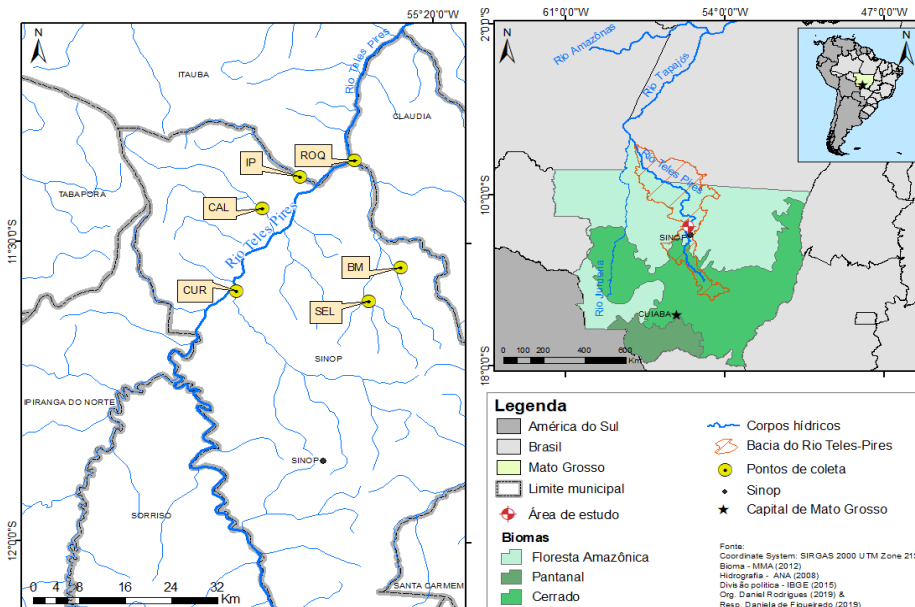
ISSN: 2176-5774

estudos hidrológicos desenvolvidos por Alcantara (2009), que considera o tempo de resposta dos corpos d'água com as chuvas. Em campo foram medidas a temperatura da água (°C), o pH e o oxigênio dissolvido (mg/L) com sonda multiparâmetros YSI Pro Plus. As demais variáveis foram analisadas em laboratório, quais sejam: condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), ferro total (mg/L), cor verdadeira (mgPt/L), turbidez (UNT), sólidos totais (mg/L), fósforo total (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-mg/L), nitrato (mg/L), nitrogênio amoniacal (mg/L), nitrogênio orgânico (mg/L) e bactérias coliformes fecais - *Escherichia coli* (NMP/100mL). Os métodos adotados nos procedimentos de coleta e análise de água seguiram o estabelecido em AWWA/APHA (2012).

Análise dos Dados

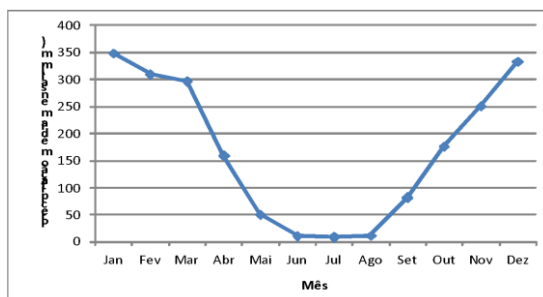
Para a análise das variações espaciais e temporais da qualidade da água superficial, foram calculados, primeiramente, a mediana e o desvio padrão para cada uma das variáveis, em cada estação de coleta nas duas épocas do ano, com uso do *software* estatístico R Core Team (2015). Para os resultados da qualidade da água que se apresentaram abaixo do limite de detecção do método empregado foi utilizado, para efeito estatístico, o valor deste limite.

Figura 01. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires, dos biomas de Mato Grosso e dos pontos de monitoramento da qualidade da água nos córregos Curupi (CUR), Roquete (ROQ), Selma (SEL), Baixada Morena (BM), Caldeirão (CAL) e Índio Possesso (IP).



Fonte: Próprios autores.

Figura 02. Precipitação média mensal na porção média da Bacia do Rio Teles Pires, entre 1997-2014.



Fonte: Construído com dados de Santos et al. (2017).

Para avaliar a integridade da qualidade da água, as variáveis foram comparadas aos padrões de qualidade para rios de classe 2, como é o caso de todos os córregos estudados, de acordo com a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) nº 357 de 2005 (BRASIL, 2005), considerando que não existe enquadramento formal. Com isso, foi calculado o percentual de todas as medições da qualidade da água que violaram estes padrões em cada estação de coleta, considerando a importância em se “promover uma comparação entre a condição ambiental observada, por meio das variáveis da água, e a situação desejável, norteada pela resolução Conama 357/05, de acordo com a classe em que o ambiente aquático foi enquadrado” (CUNHA; CALIJURI, 2010).

Calculou-se o IQA-Índice de Qualidade da Água que, entre vários índices existentes para determinar a qualidade da água, é um dos mais utilizados, tendo sido desenvolvido, pela NSF – Nacional Sanitation Foundation (NSF, 2007), sendo o índice adotado pela SEMA-MT. O resultado é obtido a partir do produto ponderado da temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), coliformes fecais (neste caso *Escherichia coli*), nitrato, fósforo total, sólidos totais e turbidez. Com base nos valores deste índice, foi adotada a seguinte classificação para a qualidade da água: excelente ($90 < IQA < 100$), bom ($70 < IQA < 90$), médio ($50 < IQA < 70$), ruim ($25 < IQA < 50$) e muito ruim ($25 < IQA < 0$) (SEMA, 2018).

Tendo em vista a tendência de águas naturalmente ácidas na BHTP (SEMA, 2018), que podem falsear este índice de forma negativa, o IQA foi calculado também com um valor padronizado de pH 7 para isolar este efeito.

Com os resultados do percentual de violação da legislação e do IQA, efetuou-se uma comparação com o percentual de ocupação da terra em cada sub-bacia estudada. Ressalta-se que, no caso da área de drenagem do Rio Roquete, esta análise foi feita para toda a sua sub-bacia, incluindo as áreas de drenagem dos seus dois tributários, córregos Selma e Baixada Morena (Figura 1), que por sua vez foram ainda tratadas em separado.

Utilizou-se o teste de Kruskal Wallis, com nível de significância $p < 0,05$, para verificar a variação temporal entre as duas épocas do ano, chuva e estiagem. Adotou-se a análise discriminante canônica com o objetivo de analisar a variação espacial, onde primeiramente foi efetuada a análise de variância multivariada (MANOVA) com a utilização dos testes multivariados Wilks, Hotelling-Lawley e Roy para verificar se existem diferenças significativas entre as estações de coleta nas funções canônicas. Um gráfico *biplot* foi construído para as duas primeiras variáveis canônicas (Can 1 e Can 2).

Para o teste de Kruskal Wallis e análise multivariada foram consideradas somente as variáveis condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), cor verdadeira (mgPt/L), turbidez (UNT), fósforo total (mg/L), nitrato (mg/L), nitrogênio orgânico (mg/L), ferro total (mg/L) e *Escherichia coli* (NMP/100mL), escolhidas empiricamente, pois foram as que melhor descreveram as variações da qualidade da água dos córregos estudados.

Resultados

Usos da terra

Na área de drenagem das seis sub-bacias estudadas foram identificadas quatro categorias principais de uso da terra: *vegetação nativa*, *agricultura/pastagem*, *solo exposto* e *área urbana* (Figura 3). O mapa de uso da terra demonstra que as áreas antropizadas, com *solo exposto* somadas à *agricultura/pastagem*, foram mais elevadas nas sub-bacias dos córregos Caldeirão (57,83%) e Índio Possesso (58,05%), em comparação com as áreas de vegetação nativa, que foram prevalentes na área de drenagem dos córregos Roquete (54,08%), Selma (52,87%) e Baixada Morena (52,38%) (Tabela 1). A categoria *área urbana* ocorreu apenas na sub-bacia do córrego Curupi, onde se localiza a cidade de Sinop (Tabela 1).

Qualidade da Água

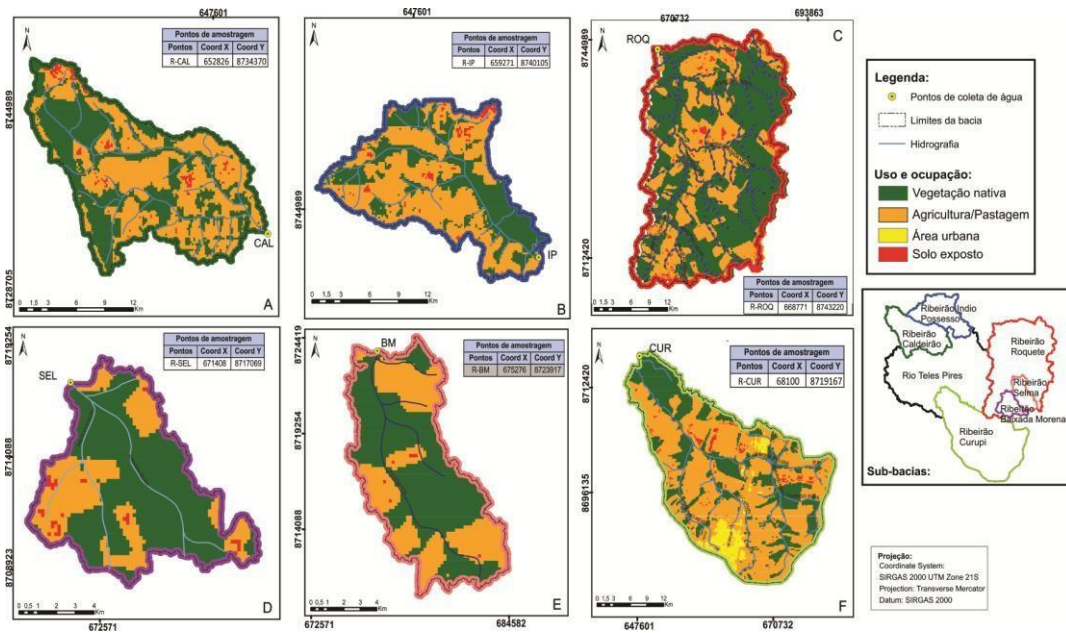
Os resultados da qualidade da água superficial, dos seis córregos monitorados na BHTP, entre 2014 e 2016, estão descritos na Tabela 2. As variáveis pH, cor, oxigênio dissolvido, fósforo e *E. coli* apresentaram alguns resultados em desacordo com os padrões da Resolução Conama nº 357/05 para rios de classe 2, cujo percentual de violação da legislação está expresso na Tabela 3, calculado para as medições obtidas nas seis estações de coleta nas dez amostragens realizadas.

Figura 03. Mapa de uso da terra das seis sub-bacias tributárias da Bacia do Rio Teles Pires: Caldeirão (CAL), Índio Possesso (IP), Roquete (ROQ), Selma (SEL), Baixada Morena

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 159-184, mai-ago, 2021.

ISSN: 2176-5774

(BM) e Curupi (CUR).



Fonte: Próprios autores.

Tabela 01. Tipos de uso da terra na área de drenagem das seis sub-bacias tributárias da Bacia do Rio Teles Pires: Caldeirão (CAL), Índio Possesso (IP), Roquete (ROQ), Selma (SEL), Baixada Morena (BM) e Curupi (CUR).

Classes de uso do solo	CAL		IP		ROQ		SEL		BM		CUR	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Vegetação nativa	106,06	42,17	88,38	41,95	422,38	54,08	34,5	52,87	39,2	52,38	285,55	43,38
Agricultura/pastagem	132,74	52,77	110,62	52,5	337,43	43,21	28	42,9	31,32	41,84	357,39	54,3
Solo exposto	12,72	5,06	11,68	5,55	21,15	2,71	2,76	4,23	4,32	5,78	5,02	0,76
Área urbana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,28	1,56
Área total	251,52	100	210,68	100	780,96	100	65,26	100	74,84	100	658,2	100

Fonte: Próprios autores.

O IQA teve resultado *médio* em todas as sub-bacias, tanto no período de chuva quanto de estiagem (Tabela 4), sendo que o pH, oxigênio dissolvido e *E. coli* são as que mais contribuíram para esses resultados. Os resultados do IQA com pH padronizado em 7, mostraram uma melhora nesse índice, permanecendo como *médio*, mas com valores mais elevados em CAL e IP no período de chuva, e alcançando o resultado *bom* em ROQ, SEL, BM e CUR nas duas épocas do ano e CAL e IP na estiagem (Tabela 4).

Tabela 02. Mediana e desvio padrão dos resultados da qualidade da água nas épocas de chuva e estiagem nos seis córregos tributários da Bacia do Rio Teles Pires: Caldeirão (CAL), Índio Possesso (IP), Roquete (ROQ), Selma (SEL), Baixada Morena (BM) e Curupi (CUR), entre maio de 2014 e novembro de 2016.

Parâmetros	Estação	Época de chuva		Época de estiagem		Padrão Conama Rios Classe	Parâmetros	Estação	Época de chuva		Época de		Padrão Conama Rios Classe 2
		Mediana	Desvio Padrão	Mediana	Desvio Padrão				Mediana	Desvio Padrão			
pH	CAL	5,66	0,76	5,66	0,75	6,0-9,0	Turbidez (UNT)	CAL	12	3,4	2,3	1,5	≤ 100
	IP	5,47	0,6	5,6	0,78			IP	13,4	7,1	3	3,4	
	ROQ	5,57	1,06	5,23	0,82			ROQ	4	5,7	2,2	1,2	
	SEL	4,86	0,66	4,66	0,43			SEL	4,1	10,6	2	0,8	
	BM	5,24	0,35	4,75	0,65			BM	5,7	6,5	3	1,3	
	CUR	5,75	0,57	5,47	0,88			CUR	11,2	7,2	3,8	2,1	
Condutividade elétrica (µS/cm)	CAL	7,15	0,39	5,72	1,18	-	Sólidos Totais (mg/L)	CAL	10	-	10	30,2	-
	IP	7,4	0,38	6,9	29,5			IP	10,5	4,3	10	35,5	
	ROQ	6,05	3,58	3,91	0,68			ROQ	10	1	10	28,6	
	SEL	3,85	1,92	3,5	0,47			SEL	10	-	10	28,6	
	BM	3,4	1,83	3,3	0,38			BM	10	-	10	12,2	
	CUR	7,8	0,43	6,75	0,71			CUR	10	0,5	10	3,7	
Temperatura da Água (°C)	CAL	26,1	1,34	23,9	1,74	-	Fósforo Total (mg/L)	CAL	0,04	0,049	0,09	0,115	≤ 0,1
	IP	25,6	0,93	24,1	1,48			IP	0,045	0,043	0,083	0,083	
	ROQ	25,8	2,01	23,8	1,5			ROQ	0,01	-	0,108	0,283	
	SEL	25,7	0,95	24,2	1,62			SEL	0,01	0,07	0,127	0,277	
	BM	25,1	0,54	24	1,71			BM	0,02	0,047	0,044	0,078	
	CUR	25,8	0,79	24	1,46			CUR	0,065	0,044	0,172	0,306	
Oxigênio dissolvido (mg/L)	CAL	6,92	0,55	7,71	0,58	> 5,0	Ferro Total (mg/L)	CAL	0,302	0,068	0,181	0,133	-
	IP	6,81	0,52	7,52	0,45			IP	0,502	0,126	0,257	0,178	
	ROQ	6,83	0,83	7,07	0,37			ROQ	0,297	0,203	0,228	0,132	
	SEL	5,34	1,22	5,82	1,17			SEL	0,281	0,059	0,178	0,129	
	BM	7,11	1,02	7,8	0,66			BM	0,232	0,068	0,151	0,118	
	CUR	7,41	0,47	8,18	0,82			CUR	0,424	0,014	0,363	0,095	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	CAL	1	-	1	0,64	≤ 5,0	Nitrato (mg/L)	CAL	0,22	0,122	0,069	0,106	≤ 10,0
	IP	1	0,5	1	0,65			IP	0,23	0,127	0,109	0,11	
	ROQ	1,45	0,95	1	1,54			ROQ	0,195	0,085	0,048	0,113	
	SEL	1	-	1	0,42			SEL	0,195	0,097	0,12	0,81	
	BM	1	-	1	1,26			BM	0,23	0,116	0,065	0,08	
	CUR	1	-	1,05	0,67			CUR	0,25	0,139	0,05	0,111	
Cor Verdadeira (mgPt/L)	CAL	31	35,7	15,5	12,2	≤ 75	Nitrogênio Amônia (mg/L)	CAL	0,01	-	0,01	0,015	≤ 3,7
	IP	29	26,3	10	12,8			IP	0,01	-	0,01	-	
	ROQ	29,5	17,6	17,5	14,4			ROQ	0,01	-	0,01	0,009	
	SEL	33	10,1	17,5	13,8			SEL	0,01	-	0,01	-	
	BM	22,5	16,9	14	10,5			BM	0,01	-	0,01	-	
	CUR	32	27,1	12,5	7,84			CUR	0,01	-	0,01	0,262	
<i>E. coli</i> (NMP)	CAL	1213	1915,9	447	134,73	≤ 1.000	Nitrogênio orgânico (mg/L)	CAL	0,1	0,141	0,112	0,274	-
	IP	1089	1077,9	425	549,81			IP	0,1	0,113	0,25	0,289	
	ROQ	362	26,299	161	198,92			ROQ	0,2	0,135	0,25	0,142	
	SEL	180	63,015	63	27,381			SEL	0,25	0,173	0,194	0,403	
	BM	545	280,23	369	335,18			BM	0,2	0,147	0,15	0,16	
	CUR	238	381,35	133	73,957			CUR	0,25	0,192	0,128	0,271	

Fonte: Próprios autores.

Tabela 03. Percentual dos resultados da qualidade da água em desacordo com a Resolução Conama n° 357/05 para rios de classe 2, nas épocas de chuva (C) e estiagem (E) entre maio de 2014 e novembro de 2016, em seis córregos tributários da Bacia do Rio Teles Pires, Caldeirão (CAL), Índio Possesso (IP), Roquete (ROQ), Selma (SEL), Baixada Morena (BM) e Curupi (CUR).

Córregos	pH		Cor		Oxigênio dissolvido		Fósforo total		<i>E. coli</i>	
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E
CAL	20	50	10	0	0	0	10	30	20	0
IP	30	50	10	0	0	0	0	20	40	10
ROQ	20	50	0	0	0	0	0	30	0	0
SEL	40	60	0	0	20	20	10	40	0	0
BM	40	60	0	0	0	0	10	20	0	10
CUR	20	40	0	0	0	0	10	40	0	0

Fonte: Próprios autores

Tabela 04. Resultados dos Índices de Qualidade da Água (IQA), para o pH natural e pH 7, de seis córregos tributários da Bacia do Rio Teles Pires, Caldeirão (CAL), Índio Possesso (IP), Roquete (ROQ), Selma (SEL), Baixada Morena (BM) e Curupi (CUR), no período de chuva e de estiagem, entre maio de 2014 e novembro de 2016.

Sub-bacias	pH Natural		pH 7 (Padronizado)	
	Chuva	Estiagem	Chuva	Estiagem
CAL	Médio (64)	Médio (70)	Médio (69)	Bom (75)
IP	Médio (63)	Médio (67)	Médio (69)	Bom (72)
ROQ	Médio (68)	Médio (66)	Bom (76)	Bom (73)
SEL	Médio (63)	Médio (63)	Bom (75)	Bom (76)
BM	Médio (65)	Médio (64)	Bom (74)	Bom (75)
CUR	Médio (70)	Médio (70)	Bom (76)	Bom (75)

Fonte: Próprios autores.

Os resultados do teste de Kruskal Wallis demonstraram que ocorreu variação temporal significativa ($p < 0,05$), com maiores resultados de condutividade elétrica, cor, turbidez, nitrato, ferro total e *E. coli* na época de chuva e de fósforo total na estiagem, em todos os locais de coleta. Especialmente, a análise de variância multivariada pela aproximação do teste F mostrou que houve diferenças significativas entre as estações de coleta nos períodos de chuva e estiagem (Tabela 5).

Tabela 05. Análise de variância multivariada da qualidade da água para as estações de coleta nos córregos da Bacia do Rio Teles Pires.

Chuva			
Teste	GL	Aproximação F	Valor-p
Hotelling-Lawley	6	1,9115	0,0065
Roy	6	13,265	<0,0001
Estiagem			
Teste	GL	Aproximação F	Valor-p
Hotelling-Lawley	6	1,1517	0,0037
Roy	6	5,7482	0,0002

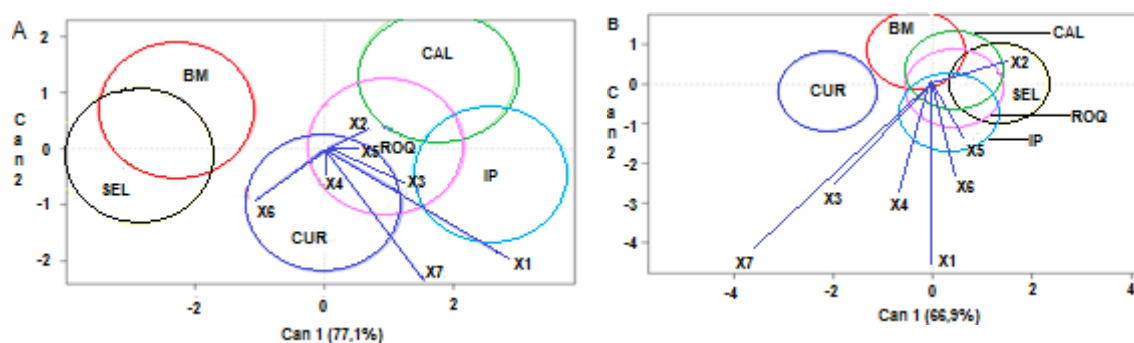
Fonte: Próprios autores.

Com maior detalhamento, a Análise Discriminante Canônica (ADC) explicou quase toda a variabilidade dos dados, correspondendo 88,37% da variabilidade dos dados na chuva, com 77,11% na primeira ADC e 11,26% na segunda ADC, e 81,31% da variabilidade dos dados na estiagem, com 66,87% na primeira ADC e 14,43% na segunda ADC. Na época de chuva, a ADC mostrou proximidade das estações ROQ com CAL, IP e CUR e a separação de SEL e BM, que foram mais semelhantes entre si (Figura 3A). Na estiagem as estações de coleta foram menos discriminantes, com separação apenas da estação CUR das demais; na época de chuva houve maior discriminação entre as estações de coleta (Figura 3B), com SEL e BM se diferenciando das demais. As estações ROQ e CUR foram influenciadas pela cor,

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 159-184, mai-ago, 2021.

turbidez e nitrato, as estações SEL e BM pelo nitrogênio orgânico e as estações IP e CAL pela condutividade elétrica e ferro total. Na estiagem as estações de coleta SEL e CAL foram mais influenciadas pela variável cor, a estação BM pela turbidez, IP e ROQ pelo nitrato e nitrogênio orgânico e CUR pela turbidez e ferro total (Tabela 6).

Figura 03. Biplot de discriminante canônica das variáveis da qualidade da água (X1 – condutividade elétrica; X2 – cor; X3 – turbidez; X4 – fósforo; X5 – nitrato; X6 – nitrogênio orgânico; X7 – ferro total) em função das estações de coleta nos seis córregos tributário da Bacia do Teles Pires, CAL-Caldeirão, IP-Índio Possesso, ROQ-Roquete, BM- Baixada Morena, SEL-SELma e CUR-Curupi, no período de chuva (A) e estiagem (B).



Fonte: Próprios autores.

Tabela 06. Coeficiente canônico padronizado (CCP) das Funções canônicas discriminantes (FCD) das estações de coleta e das variáveis da qualidade da água nos seis córregos tributários da Bacia do Teles Pires: CAL-Caldeirão, IP-Índio Possesso, ROQ-Roquete, BM-Baixada Morena, SEL-SELma e CUR-Curupi.

	Chuva		Estiagem		
	FCD1	FCD2	FCD1	FCD2	
Grupos			Grupos		
BM	-2,2857	0,6781	BM	-0,34319	0,87351
CAL	1,7423	1,309	CAL	0,43727	0,33725
CUR	-0,0035	-0,9793	CUR	-2,12103	-0,19494
IP	2,5668	-0,4552	IP	0,34605	-0,72364
ROQ	0,9564	0,03	ROQ	0,43679	-0,09273
SEL	-2,9343	-0,1318	SEL	1,33315	0,00842
variáveis			variáveis		
Cond.elétrica	2,7268	-1,8982	Cond.elétrica	-0,04478	-4,53317
Cor	0,7664	0,3706	Cor	1,50432	0,35439
Turbidez	1,1618	-0,7618	Turbidez	-1,8905	-2,12747
Fósforo total	-0,0609	-0,2234	Fósforo total	-0,5208	-2,51236
Nitrato	0,464	0,0197	Nitrato	0,51384	-1,36392
Nitrogênio orgânico	-1,0955	-0,943	Nitrogênio orgânico	0,60574	-2,2849
Ferro total	1,4564	-2,3782	Ferro total	-3,3245	-3,86708

Fonte: Próprios autores

Discussão

O desmatamento da vegetação nativa para a atividade agropecuária, uso da terra hegemônico em toda a BHTP e, por conseguinte, nas sub-bacias estudadas, resultou em

alterações na qualidade da água dos córregos, que foram mais evidentes nas sub-bacias com maior percentual de área desmatada. As maiores medianas de condutividade elétrica, cor e ferro, maior ocorrência e percentual de violação da legislação e menores resultados do IQA na época de chuva (mesmo com pH padronizado) foram constatadas nas três sub-bacias mais antropizadas, Caldeirão, Índio Possesso e Curupi (com algumas exceções em CUR), em relação às sub-bacias com maior percentual de vegetação nativa, Roquete, Selma e Baixada Morena.

A forma do relacionamento entre uma variável de resposta do rio (qualidade da água) e uma medida de estresse (percentual de uso da terra) provavelmente depende mutuamente da sensibilidade da variável resposta e modo de ação do estressor ambiental (ALLAN, 2004), que no presente estudo mostraram-se sensíveis e correlatas, pois foi possível considerar apenas um fator estressor, por conta de sua completa prevalência em relação às demais atividades antrópicas nas sub-bacias, e pelas mesmas condições geopedológica, geomorfológica e climática das seis sub-bacias. Entretanto, as respostas medidas não foram elevadas, permitindo, de maneira geral, classificar a qualidade da água dos seis córregos, em conjunto com suas áreas de drenagem, como *moderada* quanto ao grau de conservação. Córregos em bacias hidrográficas agrícolas geralmente permanecem em boas condições até que a extensão da agricultura ocupe uma área de montante equivalente a 30 a 50% (ALLAN, 2004), percentuais próximos às áreas antropizadas nas seis sub-bacias (45,9-58,0%). Considerando a abordagem integrada da bacia, a magnitude e a amplitude destas alterações ainda precisam ser compreendidas quando se considera os efeitos cumulativos e como estes efeitos interagem com a conectividade hidrológica a jusante (conexão horizontal), para que seja possível definir em que ponto estes efeitos cumulativos se tornam tão grandes que alteram a função do ecossistema a jusante ou adjacente (FREEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007), bem como nos rios de ordem mais elevada, como o Teles Pires.

As principais variáveis indicadoras das alterações da qualidade da água em resposta ao uso da terra foram cor, turbidez, ferro total e *Escherichia coli*, evidenciadas na época de chuva, quando aumenta a conexão terra-água, favorecendo o aporte difuso aos córregos dos resíduos da agropecuária, juntamente com o processo de intemperismo natural e artificial do solo, que são menores na época de estiagem.

Os resultados de *E. coli* nos seis córregos podem ser considerados moderadamente alterados, indicando contaminação da água em episódios esporádicos de chuva, com potencial de causar prejuízos aos usos múltiplos previsto na legislação (BRASIL, 2005),

especialmente para balneabilidade (BRASIL, 2000), um uso que ocorre nos córregos avaliados (informação *in loco*).

A baixa ocorrência de *E. coli* no rio Curupi, que tem a cidade de Sinop em sua área de drenagem, se deve à localização dessa área urbana na parte alta da sub-bacia em relação ao local de coleta de água, situado no exutório da sub-bacia. Além disso, a maior parte do efluente doméstico gerado nesta cidade é tratada em fossas sépticas e 20% coletado para tratamento em Estação de Tratamento de Esgoto (ETA Curupy) (PMSB, 2018). Por outro lado, as bactérias *Escherichia coli* apresentaram resultados acima do limite nos córregos Caldeirão e Índio Possesso (20-40%, respectivamente) e com maiores medianas na época de chuva nos seis córregos, influenciando nos menores resultados do IQA. O maior percentual de área antropizada em CAL e IP demonstram a relação entre o uso da terra e as

E. coli, uma vez que são bactérias abundantes nas fezes humanas e de animais de sangue quente e podem ter origem em atividades pecuárias (VON SPERLING, 2005), que ocorrem nestas duas sub-bacias (observações *in loco*).

O principal fator natural que influenciou na variação da qualidade da água dos córregos foi o regime pluvial, que em regiões tropicais apresenta características específicas de acordo com a localização geográfica e as épocas do ano e podem afetar as condições físicas e químicas nos rios (SILVA et al., 2010), por meio da conexão hidrológica vertical entre os córregos e a atmosfera, através das chuvas (FREEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007; WARD; STANDFORD, 1989). A influência da sazonalidade das chuvas, com nítida alternância de duas épocas do ano, chuva e estiagem, sobre a qualidade da água de rios de médio e grande porte na BHTP e em outras bacias da Região Hidrográfica Amazônica foi registrada também por SEMA (2018), Andrietti et al. (2016), Oliveira et al. (2016), Rios-Villamizar et al. (2011), Silva et al. (2008) e Umetsu et al. (2007), assim como nos seis córregos do presente estudo para sete das treze variáveis analisadas. As chuvas causam aumento no volume de água dos rios e córregos e na conexão lateral com o ambiente terrestre, aumentando a concentração de alguns compostos pelo aporte lateral ou a diluição de outros pela maior quantidade de água, como detalhado a seguir.

A Análise Discriminante Canônica mostrou que na época de chuva a qualidade da água é mais heterogênea espacialmente em relação à estiagem (variação espaço-temporal). Isso se deve, como dito anteriormente, a maior conexão entre os ambientes terrestres e aquáticos com as chuvas, sendo mais elevada nas sub-bacias com maior percentual de antropização e menos nas sub-bacias mais conservadas, a exemplo de SEL e BM, que se

distinguiram das demais sub-bacias nessa época do ano, como demonstram os gráficos de *Biplot* (Figura 3). Esta conexão lateral reporta ao conceito de conectividade hidrológica, que se refere ao transporte de matéria, energia e organismos mediado pela água dentro ou entre elementos do ciclo hidrológico (FREEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007; WARD; STANDFORD, 1989).

Nas três sub-bacias mais antropizadas, na época de chuva, foram registradas as maiores medianas de ferro total e turbidez e 10% das medições de cor foram acima do limite legal ($> 75 \text{ mgPt/L}$; exceto em CUR), demonstrando a relação destas variáveis com o uso da terra das áreas de drenagem. Com isto, a turbidez, a cor verdadeira e ferro total variaram sazonalmente em resposta às chuvas e especialmente, em resposta aos usos da terra.

Turbidez e cor estão relacionadas à presença de partículas na massa d'água, sendo que a forma suspensa geralmente reflete na turbidez e as formas dissolvidas e/ou coloidais na cor (ESTEVES, 2011). Estas duas variáveis tendem a aumentar naturalmente de montante para jusante, ou seja, aumentam de acordo com o tamanho da área de drenagem (TUNDISI; TUNDISI, 2008). No entanto, no córrego Roquete, que possui a maior área de drenagem e o maior percentual de vegetação nativa, foram registradas as menores medianas de turbidez e a cor não apresentou nenhum resultado acima do limite da legislação, confirmando a relação destas variáveis com o percentual de área antropizada nas sub-bacias CAL, IP e CUR, que possuem menor área de drenagem em relação a ROQ. Deve-se considerar também que o relevo plano e a baixa suscetibilidade à erosão (MOREIRA; VASCONCELOS, 2007), aliados ao discreto desnível do canal dos córregos (observações *in loco*), favorecem a deposição dos sólidos no leito e o predomínio de formas dissolvidas e coloidais na massa d'água, como óxidos de ferro, que influenciaram na maior expressão da cor em relação à turbidez.

Em rios localizados na porção baixa da BHTP, valores de turbidez, similares aos medidos no presente estudo, foram mais elevados no período das chuvas, quando aumenta o volume de água dos rios e a entrada de materiais da bacia de drenagem, e estiveram relacionados à atividade agrícola e ao desmatamento (CAOVILLA et al., 2008), como também constatado no presente estudo.

Há evidências de que o uso da terra desempenha também um papel no aumento das concentrações de nitrato dos rios, relacionado ao uso de fertilizantes (BRIGANTE et al., 2003) ou ao aporte de resíduos difusos oriundos da atividade pecuária na região do cerrado (NEILL et al., 2001). Em áreas com desmatamento de floresta Amazônica, isso nem sempre

ocorre (NEILL et al., 2013; FIGUEIREDO et al., 2010; NEILL et al., 2001), como também observado no presente estudo, em área de transição entre o cerrado e a floresta, onde as concentrações medianas de nitrato foram baixas ($<0,26$ mg/L), provavelmente devido à sua capacidade em se mover verticalmente em solos profundos, como Latossolo (NEILL et al., 2013). Mesmo assim, este nutriente apresentou nítida variação temporal e influenciou na variabilidade da qualidade da água na época de chuva em ROQ e CUR e na estiagem em IP e ROQ, ou seja, não apresentou relação direta com o percentual de desmatamento ou com o tamanho da área destas sub-bacias, que são distintos entre si.

As maiores concentrações de nitrato em relação ao nitrogênio amoniacal permitem inferir que o aporte deste nutriente é remoto em comparação a um possível aporte de nitrogênio recente (tempo) e localizado próximo ao local de coleta (espaço), que seria indicado pela forma amoniacal (OLIVEIRA; MAILLARD; PINTO, 2016). Isso provavelmente está relacionado à localização dos pontos de coleta no exutório das sub-bacias (CAL, IP, ROQ e CUR) ou próximos às nascentes que estão relativamente conservadas (SEL e BM), bem como à boa disponibilidade de oxigênio nestes córregos, que favorece a rápida conversão do nitrogênio amoniacal em nitrato.

Com relação ao nitrogênio orgânico, apesar de não apresentar variação temporal, explicou a variabilidade da qualidade da água na época de chuva nas sub-bacias mais conservadas, SEL e BM, indicando aporte de restos vegetais recentes e próximos, provavelmente oriundos da vegetação conservada nestas áreas de nascente. Esta inferência é corroborada pelas menores temperaturas da água na época de chuva nestes pontos de coleta, quando são registradas as mais elevadas temperaturas do ar (TARIFA, 2011), devido ao maior fator de sombreamento pela vegetação no leito destes córregos em relação aos demais (observação *in loco*).

Assim como o nitrato, os estudos demonstram que em bacias agrícolas o fósforo tende a aumentar na época de chuva como indicador de processos erosivos naturais e artificiais, particularmente na região amazônica, (MELLO et al., 2018; DEEGAN et al., 2011; URIARTE et al. 2011; UMETSU, 2009), o que não foi observado ao longo de quase todo o rio Teles Pires, onde as concentrações deste nutriente foram, em geral, mais elevadas na estiagem, principalmente no mês de setembro (SEMA, 2018), bem como no presente estudo. Nos seis córregos, as concentrações foram significativamente mais elevadas na estiagem, quando foram registradas as maiores medianas e desvio padrão, e maiores percentuais de violação da legislação (20 a 40%) em todas as estações de coleta. Isto se deve, provavelmente,

ao predomínio de Latossolos Vermelho-Amarelos na porção alta e média da BHTP, que são solos profundos e com elevadas concentrações de metais, como ferro e alumínio (MOREIRA; VASCONCELOS, 2007).

Na bacia do rio Xingu, que também é tributária do rio Amazonas e possui semelhanças no clima, no relevo e na geopedologia com a BHTP (SEPLAN, 2011), Neill et al. (2013) constataram que a combinação deste tipo de solo profundo, aliada à reduzida declividade do terreno e erodibilidade do solo, favorece o fluxo da água no sentido descendente, devido à alta capacidade de ligação de fósforo com o ferro ou às frações sólidas do solo, aumentando seu potencial de lixiviação nas áreas agrícolas para as águas subterrâneas e reduzindo o aporte superficial para os rios e córregos, mesmo com intenso uso de fertilizantes, continuamente aplicado na BHTP. Estas condições explicam em grande parte as menores concentrações de fósforo na época de chuva, bem como os baixos valores de sólidos totais, que apresentaram medianas próximas a 10 mg/L (limite de detecção do método) nos seis córregos, tanto na chuva como na estiagem. O fluxo de água descendente reporta novamente ao conceito de conectividade hidrológica (FREEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007; WARD; STANFORD, 1989), que se mantém na estiagem, abastecendo os córregos permanentemente com água, o que pode explicar também as maiores concentrações de fósforo nesta época do ano, favorecido pela redução do fator de diluição devido ao menor volume de água nos córregos com a escassez de chuva.

Com o exposto, pode-se inferir que dois aspectos importantes explicam a *moderada* alteração na qualidade da água dos seis córregos do presente estudo, mesmo considerando o expressivo percentual de uso da terra das áreas de drenagem e as intensas chuvas que ocorrem na BHTP entre dezembro e fevereiro. Primeiro, os solos profundos e permeáveis, combinados com uma alta capacidade de fixar fósforo e potencial para reter nitrogênio no perfil vertical, que protegem as bacias hidrográficas das cabeceiras contra alterações no escoamento superficial, enxurradas e aumento nas concentrações de solutos e sedimentos (NEILL et al. 2013). Segundo, pelo fato desta região estar sobre um aquífero poroso, que fornece maiores volumes de recarga ao rio no período de estiagem e durante o período chuvoso estes aquíferos armazenam boa parte da água que precipita na superfície, e regulando a vazão dos rios no período seco (MELO et al., 2013). Isto demonstra que há uma importante conectividade entre as águas superficiais e subterrâneas na porção média da BHTP.

Essas complexas interações entre características naturais e antrópicas refletiram

ainda nos expressivos valores de ferro nos córregos estudados. Com relação às medianas, os maiores valores foram observados na época de chuva em CAL e IP (~58% de área antropizada) e na estiagem em CUR (~57% de área antropizada), que são as sub-bacias mais antropizadas. Este metal, que se apresenta nos ambientes aquáticos na forma catiônica (ESTEVEES, 2011), juntamente com a condutividade elétrica, explicou a variabilidade da qualidade da água na época de chuva em CAL e IP e, provavelmente, é o principal fator de aumento da cor da água neste período do ano nos córregos. Quanto à origem do ferro, provavelmente nesta área da BHTP esteja relacionado, principalmente, com o escoamento superficial do solo (conexão lateral) e, em menor proporção, ao fluxo de base, ou seja, à conexão com o aquífero poroso, como mencionado acima.

A condição naturalmente ácida dos solos, juntamente com o embasamento rochoso arenítico-siltoso (CAMARGO, 2011), pobre em formações calcárias e eletrólitos, é um dos principais fatores que influenciaram no baixo pH registrado nos seis córregos. Sioli (1951) classificou todos os rios da BHTP como de águas claras, que são as que apresentam pH entre 5-7 e condutividade elétrica entre 10-53 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mas nos córregos este estudo a mediana do pH variou entre 4,66 e 5,86 e da condutividade entre 3,3 e 7,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ríos- Villamizar et al. (2014) revisaram esta classificação, incluindo outras variáveis hidroquímicas, e encontraram ambientes intermediários entre estes três tipos de águas, resultante das diferentes condições físico-químicas dos rios e dos pequenos tributários, demonstrando a variabilidade hidroquímica dos ecossistemas aquáticos na Região Hidrográfica Amazônica.

O pH apresentou um percentual relativamente alto dos resultados (20-60%) abaixo do limite mínimo da legislação ($< 6,0$), como observado também por Umetsu et al. (2007) e Bleich et al. (2016) em córregos da porção média e baixa da BHTP. Com isso, foi efetuado o cálculo do IQA com pH 7 para todos os córregos, revelando um aumento dos valores deste índice, indicando sua limitação e a necessidade de conhecimento prévio das variáveis controladas por fatores naturais que podem afetar a real avaliação da qualidade da água. Lopes e Magalhães Junior (2010) mencionam que a influência do pH nesse índice pode ser significativa, já que este apresenta o terceiro peso mais elevado no cálculo, podendo gerar um resultado incompatível com a qualidade de determinado corpo d'água em caso de pH naturalmente baixo.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram, em sua maioria, acima do limite mínimo para rios de classe 2, exceto em SEL na época de chuva, provavelmente devido ao aporte de substâncias dissolvidas ou coloidais, como ácidos húmicos, que consomem

oxigênio do meio e provém das vegetações no entorno das nascentes (CRUZ, 2018), considerando o bom estado de conservação desta sub-bacia e a localização da estação de coleta próximo às cabeceiras. A elevada oxigenação medida na maioria das amostragens é um indicador da integridade ambiental destes ambientes e reflete as características do leito dos córregos monitorados, com leves desníveis e corredeiras, que contribuem com a aeração pelo fluxo, e ao baixo aporte de resíduos orgânicos de atividades humanas nas sub-bacias (efluentes), corroborando com os reduzidos valores de DBO. Provavelmente, a maior parte da matéria orgânica encontra-se na forma particulada (detritos), que predomina em córregos próximos das cabeceiras (TUNDISI; TUNDISI, 2008) e a porção dissolvida, indicada pela DBO, mesmo que em baixa concentração, é rapidamente degradada devido à boa disponibilidade de oxigênio nestes córregos. Os detritos orgânicos exportados naturalmente das cabeceiras podem subsidiar substancialmente os recursos alimentares das comunidades aquáticas a jusante (FREEMAN; PRINGLE; JACKSON, 2007).

Conclusões

Nesta pesquisa, a variação espaço-temporal da qualidade da água dos seis córregos da Bacia do Teles Pires (BHTP) em Mato Grosso, resultou da complexa interação entre os fatores naturais e antrópicos da bacia hidrográfica.

A variação temporal foi definida pela sazonalidade de chuvas, que aumentou o aporte de eletrólitos, nitrato, ferro total e bactérias aos córregos na época chuvosa, sendo mais elevados nas sub-bacias mais antropizadas. Este aporte ocorreu por meio do escoamento superficial ou pela conexão com o aquífero poroso (fluxo de base). Com isto, a sazonalidade e o desmatamento foram os principais fatores intervenientes da alteração da qualidade da água dos córregos, pois ampliaram de forma natural e artificial, respectivamente, o aporte destes elementos através da conexão hidrológica lateral, pelo escoamento superficial ou pelo fluxo de base do aquífero poroso (água subterrânea). Os elementos transportados pela água são oriundos do intemperismo natural e artificial das rochas e do solo e de resíduos agrícolas, cujas fontes são qualitativamente similares nas seis sub-bacias estudadas.

Mesmo considerando as diferenças espaciais da qualidade da água e do grau de ocupação das sub-bacias, é possível classificá-las como em estado *moderado* de conservação, considerando em conjunto os ecossistemas terrestre e aquático, ou seja, a indissociável conexão e integração terra- água.

Portanto, foram identificadas as principais fontes do aporte natural e artificial e

estimada a magnitude de alteração da qualidade da água por estas fontes, com base na comparação relativa aos padrões legais e ao IQA, mas ainda é um desafio quantificar cada fonte e seus aportes para estes ambientes, considerando a ausência de estudos anteriores à instalação da atividade agropecuária na BHTP (*background*), às complexas conexões hidrológicas (lateral, vertical e horizontal) e às correlações entre os fatores naturais e antrópicos atuais.

Este estudo confirmou o papel fundamental que os córregos desempenham como “capilares” do fluxo biogeoquímico da bacia, ao receberem de forma difusa e transportarem para jusante materiais oriundos do intemperismo natural e artificial, indicado pela capacidade de resposta, pela vulnerabilidade e pela fragilidade natural destes ambientes, bem como pela proximidade de escala espacial com as propriedades rurais. Portanto, o monitoramento da qualidade da água, tanto para a pesquisa quanto para subsidiar ações de manejo, prevenção e mitigação dos efeitos negativos da atividade agropecuária sobre a qualidade da água, deve necessariamente incluir rios de pequena ordem (córregos) como parte do processo de compreensão sistêmica e de implementação efetiva da gestão integrada da bacia hidrográfica.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Capes pela bolsa de mestrado da primeira autora e de pós-doutorado PNPd da segunda autora e à Companhia Energética de Sinop (CES) pela cessão dos dados de qualidade da água dos córregos.

Referências

ALCANTARA, L.H. **Análise Espaço-Temporal do escoamento na bacia do alto e médio Rio Teles Pires**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, UFMT, Cuiabá, MT.

ALLAN, D.J. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.** 2004. 35:257–84, 2004.

ANA. **Divisões Hidrográficas do Brasil**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/portal%20/ANA/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>. Acesso em: 25 de março de 2020.

ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A.G.; ALMEIDA, F.T.; BONGIOVANI, M.C.; SCHNEIDER, R.M. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. **Rev. Ambiente & Água**. v. 11, n° 1, 2016.

APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Water Pollution Control Federation. **Standard Methods**. 22 ed., Washington: Ed APHA, 2012.

Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 159-184, mai-ago, 2021.

ISSN: 2176-5774

BLEICH, M.E.; MORTATI, A.F.; ANDRE, T.; PIEDADE, M.T.F. Structural Dynamics of pristine headwater streams from southern Brazilian Amazon. **River Research Applications**. 32: 473-482, 2016.

BRASIL. **Resolução Conama nº 274 de 29 de novembro de 2000**. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-274-2000_96898.html. Acesso em: 25 de abril de 2020.

BRASIL. **Resolução Conama nº. 357 de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre as classificações dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=102255>. Acesso em: 23 de dezembro de 2019.

BRASIL. **Lei Nº 9433, de 08 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 136 nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 04 de julho de 2019.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; POVINELLI, J.; NOGUEIRA, A.M. Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 55-84 p., 2003.

CAOVILLA, F.C.; SALLES, M.; SILVA, G.C.O.; RIBEIRO, J.; SHIRAIWA, S. **Avaliação da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires – Mato Grosso**. In: IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9, 2008, Salvador. Salvador, 2008.

CAMARGO, L. (org.) **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômica-ecológica**. Cuiabá: Entrelinhas/Seplan/Sema, 2011.

CARNEIRO, F.F.; AUGUSTO, L.G.S.; RIGOTTO, R.M.; FRIEDRICH, K.; BÚRIGO, A.C. **Dossiê ABRADCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARVALHO, A.T.F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, 42: (1), p. 140-161, 2020.

COE, M.T.; COSTA, M.H.; SOARES-FILHO, B.S. The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River – Land surface processes and atmospheric feedbacks. **Journal of Hydrology**, 369: 165–174. 2009.

CPRM-SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso-Sistemas de Informações Geográficas-SIG**. Goiânia: MME/CPRM, 2004.

CRUZ, R.F. **Impactos de Pequenas Centrais Hidrelétricas com diferentes arranjos na Bacia do Alto São Lourenço. Cuiabá.** 2018. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Programa de Pós Graduação em Física Ambiental-UFMT, Cuiabá-MT.

CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C. Análise probabilística de ocorrência de incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP). **Eng. Sanit. Ambient.**, 15:43, 37-346, 2010.

DALMAGRO, H.J. et al. Dinâmica do carbono inorgânico dissolvido nos rios Teles Pires e Cristalino na Bacia Amazônica. **Ciência e Natura**, 29 (2): 115 - 127, 2007.

DAVIDSON, E.A.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, V.V.; MARKEWITZ, D.; FIGUEIREDO, R. Loss of nutrients from terrestrial ecosystems to streams and the atmosphere following land use change in Amazonia. **Geophysical Monograph Series** 153: 147–158, 2004.

DEEGAN, L.A. et al. Amazon deforestation alters small stream structure, nitrogen biogeochemistry and connectivity to larger rivers. **Biogeochemistry**, 105:53–74, 2011.

DIAS, L.C.P.; MACEDO, M.N.; COSTA, M.H.; COE, M.T.; NEILL, C.; Effects of landcover change on evapotranspiration and streamflow of small catchments in the Upper Xingu River Basin, Central Brazil. **J. Hydrol. Reg. Stud.** 4:108–122, 2015.

EPE-EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Avaliação Ambiental Integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires.** 2008. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/avaliacao-ambiental-integrada-aa>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência, 3ª Ed., 2011.790 p.

FERREIRA, D.A.T. et al. Grau de Degradação de Dois Córregos Urbanos no Município de Alta Floresta-MT: Variáveis Físico-Químicas. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, 10(18):1889, 2014.

FIGUEIREDO, D.M.; IORIS, A.A.R. Water Governance and the Hydrosocial Territory of the Teles Pires River Basin in the Brazilian Amazon. In: IORIS, A.A.R. **Environment and Development.** Challenges, Policies and Practices. Switzerland: Palgrave Macmillan. 437-468 p., 2021.

FIGUEIREDO, R. O.; MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E. A.; SCHULER, A. E.; WATRIN, O. S.; SILVA P.S. Land-use effects on the chemical attributes of low-order streams in the eastern Amazon. **Journal of Geophysical Research**, 115(G4), 2010.

FONSECA, G.P.S.; ZEILHOFER, P. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas na análise de poluição difusa da bacia do Rio Teles Pires – MT.** In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2597- 2604. 2007.

FREEMAN, M.C.; PRINGLE, C.M.; JACKSON, C.R. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales. **Journal Of The American Water Resources Association.** 43: (1), 2007.

HANSEN, N.C.; DANIEL, T.C.; SHARPLEY, A.N.; LEMUNYON, J.L. The fate and transport of *Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 159-184, mai-ago, 2021.*
ISSN: 2176-5774

phosphorus in agricultural systems. **Journal of Soil and Water Conservation**, 57: 408–417. 2002.

HUNKE, P. et al. The Brazilian Cerrado: assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use. **Ecohydrology**. 8: 1154–1180, 2015.

IORIS, A.A.R. **Agribusiness and the neoliberal food system in Brazil—frontiers and fissures of agro-neoliberalism**. New York: Routledge, 2017. 218 p.

JACOBS, S.R.; BREUER, L.; BUTTERBACH-BAHL, K.; PELSTER, D.E.; RUFINO, M.C. Land use affects total dissolved nitrogen and nitrate concentrations in tropical montane streams in Kenya. **Science of the Total Environment** 603–604, 2017.

LIMA, L.S., COE, M.T.; SOARES, B.S.; CUADRA, S.V.; DIAS, L.C.P.; COSTA, M.H.; RODRIGUES, H.O. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the Southwestern Amazon: Implications for the provision of ecosystem services, **Landscape Ecol.**, 29, 261–274. 2014.

LOPES, F.W.A.; MAGALHÃES JUNIOR, A.P. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. **Geografias Online** (UFMG), v. 11, p. 134-147, 2010.

MACEDO, M.N. et al. Land-use-driven stream warming in southeastern Amazonia. **Philosophical Trans. Royal Soc. - Biol.Sci.** Vol.368(1619), pp.20120153, 2013.

MELLO, K.D., VALENTE, R.A., RANDHIR, T.O., VETTORAZZI, C.A., Impacts of tropical forest cover on water quality in agricultural watersheds in southeastern Brazil. **Ecological Indicators**, 93, pp.1293–1301, 2018.

MELO, D.C.R.; VEIGA, A.M.; PAULA, T.L.F.; PONCE, J.P.O. A importância da hidrogeologia nos estudos de vazões superficiais. Estudo de caso no rio Teles Pires. **Anais... XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, 2013. ABRH. 2013.

MOREIRA, K.C.A.M. **Aspectos da biogeoquímica dos rios Teles Pires e Cristalino – MT**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

MOREIRA, M.L.C.; VASCONCELOS, T.N.N. **Mato Grosso Solos e Paisagens**. Cuiabá: Entrelinhas/Seplan, 2007. 272 p.

NEILL, C., DEEGAN, L. A., THOMAS, S. M., CERRI, C. C. Deforestation for pasture alters nitrogen and phosphorus in small Amazonian streams. **Ecol. Appl.**, 11, 1817–1828. 2001.

NEILL, C. et al. Watershed responses to Amazon soya bean cropland expansion and intensification. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, B: Biological Sciences, 368(1619), 2013.

NÓBREGA, R.L.B.; GUZHA, A.C.; LAMPARTER, G.; AMORIM, R.S.S.; COUTO, E.G.; HUGHES, H.J.; JUNGKUNST, H.F.; GEROLD, G. Impacts of land-use and land-cover change on stream hydrochemistry in the Cerrado and Amazon biomes. **Science of the Total Environment** 635: 259–274, 2018.

NÓBREGA, R.L.B.; LAMPARTER, G.; HUGHES, H.J.; GUZHA, A.C.; AMORIM, R.S.S.; GEROLD, G. A multi-approach and multi-scale study on water quantity and quality changes in the Tapajós River basin, Amazon. **Proc. IAHS**, 377, 3-7, 2018.

NSF. **Water Quality Index (WQI)**. 2007. Disponível em: <http://www.nsf.org/consumer-resources>. Acesso em: 25 de março de 2019.

OLIVEIRA, B.O.S. et al. Avaliação dos solos e das águas nas áreas de influência de disposição de resíduos sólidos urbanos de Humaitá, Amazonas. **Eng. Sanit. Ambiental**, 21: 3 593-601, 2016.

OLIVEIRA, L.M.; MAILLARD, P.; PINTO, É.J.A. Modeling the effect of land use/land cover on nitrogen, phosphorous and dissolved oxygen loads in the Velhas River using the concept of exclusive contribution area. **Environ. Monit. Assess.** 188-333. 2016.

PMSB. **Plano Municipal de Saneamento Básico: Sinop**. Cuiabá-MT: EdUFMT, 2018.

RÍOS-VILLAMIZAR, E. A.; MARTINS JUNIOR, A. F.; WAICHMAN, A. V. Caracterização físico-química das águas e desmatamento na bacia do rio Purus, Amazônia Brasileira Ocidental. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 5, n. 2, 2011.

RIOS-VILLAMIZAR, E.A.; PIEDADE, M.T.F.; DA COSTA, J.G.; ADENEY, J.M.; JUNK, W.J. Chemistry of different Amazonian water types for river classification: a preliminary review. **WIT Trans Ecol Environ.**, 178, 17-28, 2014.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. URL <https://www.R-project.org/>.

ROBOREDO et al., Conflitos socioambientais para a preservação de recursos hídricos na microbacia hidrográfica Mariana da Amazônia Mato-grossense, 2011 e 2012. **Informações Econômicas**, SP, v. 47, n. 3, 2017.

SANTOS, V.C.; NEVES, R.R.; PERES, R. SOUZA, D.E.S.; GONÇALVES, E.D.; GOMES, E.P.; SAMPAIO, L.C.; SILVA, G.N. Classificação e análise da precipitação na bacia hidrográfica do rio Teles Pires utilizando IAC. **Anais...** In: XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Florianópolis, 2017.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – SEMA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Cuiabá: KCM Ed., 2009. 182 p.

SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – SEMA. **Relatório de Monitoramento de Qualidade da Água.2015-2017**. Disponível em: http://www.sema.mt.gov.br/index.%20php?option=com_docman&Itemid=82. Acesso em: 25 de março de 2019.

SILVA, A.E.P. et al. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, T.M.G. **Caracterização do Sistema Aquífero Parecis na região Centro-Norte do estado de Mato Grosso**: subsídios para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Dissertação (mestrado) *Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n. 43, v. 2, p. 159-184, mai-ago, 2021.*
ISSN: 2176-5774

– Programa de Pós-graduação em Geociências Aplicadas, UnB, Brasília, 2013.

SILVA, J.S.O.; BUSTAMANTE, M.M.C.; MARKEWITZ, D.; KRUCHE, A.V.; FERREIRA, L.G. Effects of land cover on chemical characteristics of streams in the Cerrado region of Brazil. **Biogeochemistry** 105: 75–88. 2010.

SIOLI, H. Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica. Belém, IPEAN, 1951. p.3-44. (IPEAN. **Boletim Técnico**, 24).

SOUSA, A.K.F. **Variação sazonal e espacial da concentração de elementos-traço nos Rios Urucu, Solimões e Negro – Amazônia Ocidental, Brasil**. 2008. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química, UFAM, Manaus.

TARIFA, J.R. Clima. In: CAMARGO, L. (org.) **Atlas de Mato Grosso: abordagem socioeconômica-ecológica**. Cuiabá: Entrelinhas/Seplan/Sema, p. 52-57, 2011.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 631 p., 2008.

UMETSU, C.A.; UMETSU, R.K.; MOREIRA, K.C.A.M; DALMAGRO, H.J.; KRUSCHE, A.V. Aspectos Físico-Químicos de Dois Rios da Bacia do Alto Tapajós – Teles Pires e Cristalino – MT, Durante Período de Estiagem e Cheia. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v.5, n.1, p.59-70, 2007.

UMETSU, R.K. **Estudo eco-hidrológico da bacia hidrográfica Mariana, afluente do rio Taxidermista, Alta Floresta – MT**. 2009. Tese (Doutorado em Ecol. e Rec. Naturais). Univ. Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

URIARTE, M.; YACKULIC, C.B.; LIM, Y.; ARCE-NAZARIO, J.A. Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis. **Landscape Ecol.** 26: 1151- 1164. 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2º Ed. Belo Horizonte: Depto de Eng. Sanitária-Ambiental/UFMG. 1996. 243 p.

WARD, J.V.; STANFORD, J.A. The Four-Dimensional Nature of Lotic Ecosystems. **Journal of the North American Benthological Society** 8:2-8. 1989.

Submetido em: maio de 2020.

Aceito em: março de 2021.