

Análise espacial do pH e oxigênio dissolvido do Rio Teles Pires/MT- Brasil: manancial gerador de eletricidade

A água é o recurso natural mais importante para a sobrevivência de todas as formas de vida e sendo pauta de discussão internacional. Diante dessa situação, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise espacial do potencial hidrogeniônico e oxigênio dissolvido na bacia hidrográfica do rio Teles Pires/MT-Brasil, uma bacia com sistemas de barramentos que sustentam empreendimentos gerados de energia elétrica. Para isso foi realizado o levantamento de informações de monitoramento de uma série de dados de pH e OD do Programa Nacional de Qualidade das Águas (Qualagua) da Agência Nacional de Águas e Saneamento disponível no portal eletrônico Hidroweb. Os dados foram organizados em planilha eletrônica e submetidos a análises estatísticas utilizando ferramentas paramétricas e não paramétricas. Como principal resultado verificou-se que a qualidade da água, segundo as variáveis aferidas no trecho avaliado, é aderente aos limites desejáveis da legislação pertinente. Observou-se ainda que, de modo geral, as variáveis não apresentam variação significativa estatisticamente no percurso do rio e quando se detectou diferença entre os pontos de monitoramento, os resultados não se divergem os limites desejados e apresentam fraca tendência de variação no espaço. Ainda assim, é necessário o monitoramento da qualidade das águas realizados pelo Gestor Ambiental, visto que, possibilitará um histórico ambiental dos rios auxiliando na adoção de ações de gestão ambiental e efetivação dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; Gestão Ambiental; UHEs; Qualidade da água; Bacia hidrográfica Rio Teles Pires.

Spatial analysis of pH and dissolved oxygen of the Teles Pires River/MT-Brazil: source generator of electricity

Water is the most important natural resource for the survival of all forms of life and energy production is one of its main and worrying ways of using it. Given this situation, the objective of this work was carried out a diagnostic analysis of the studies and reports of water quality provided by the hydroelectric plants of the Teles Pires River Basin, as well as those provided by SEMA, verifying if the quality is really within the parameters. For this, a survey of research and technical work developed in the Tapajós basin was carried out, as research sources the Bank of theses and dissertations of the Coordination for the Improvement of Higher Education (CAPES) was used, academic research bases such as SciELO, LILACS, SCOPUS, Crossref, university bases in the region and material provided by other researchers. In addition to data relating to water quality in relation to water resources control bodies (ANA, IBAMA, SEMA and IPAAM). The studied area was the Teles Pires River Hydrographic Basin, located in the Amazon region of the State of Mato Grosso, which has a high rate of economic development and intense exploitation of natural resources. The main result on the variations in water quality and monitoring, mostly based on data and reports, indicated a medium to good water quality, therefore it is necessary to monitor the water quality carried out by the Environmental Manager, since, will enable an environmental history of the rivers, assisting in the adoption of environmental management actions and implementation of the instruments of the National and State Water Resources Policy.

Keywords: Water resources; Environmental management; UHEs; Water quality; Teles Pires river basin.

Topic: **Educação Ambiental**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: **13/11/2022**

Approved: **11/01/2023**

Karine Marreiro Soares 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7137742934287820>
<http://orcid.org/0000-0002-6199-0517>
karinemarreiro@hotmail.com

Acelmo de Jesus Brito 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7085829274426411>
<http://orcid.org/0000-0001-6212-5093>
acelmo@unemat.br

Tadeu Miranda de Queiroz 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2582121765769124>
<http://orcid.org/0000-0002-1959-7658>
tdmqueiroz@unemat.br

Vivianne Mendonça Sá Arruda 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3554601789355663>
<http://orcid.org/0000-0003-3892-1158>
vivianne.arruda@unemat.br

Cristiane Della Giustina 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8982415508027366>
<http://orcid.org/0000-0002-3418-1327>
cristiane.giustina@unemat.br

Solange Aparecida Arrolho da Silva 
Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3155418992318872>
<http://orcid.org/0000-0002-8038-1303>
solange.arrolho@unemat.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2023.001.0006

Referencing this:

SOARES, K. M.; BRITO, A. J.; QUEIROZ, T. M.; ARRUDA, V. M. S.; GIUSTINA, C. D.; SILVA, S. A. A.. Análise espacial do pH e oxigênio dissolvido do Rio Teles Pires/MT-Brasil: manancial gerador de eletricidade. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.14, n.1, p.71-87, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2023.001.0006>

INTRODUÇÃO

Há muito tempo a energia gerada pelas usinas hidrelétricas foi considerada como energia limpa em razão da não emissão de gases de efeito estufa. Contudo, conforme pontuado por Serra et al. (2020), estudos mostram que os custos ambientais e sociais da implantação desses empreendimentos são consideravelmente altos e apesar da eficiência energética, esse sistema está longe de gerar uma energia socioambientalmente responsável. Fearnside (2015) aponta que alguns trabalhos colocam que as barragens geram quantidades vultosas de gases poluentes (especialmente em florestas tropicais), a depender da sua localização geográfica, do tempo de operação, das entradas externas de nutrientes e carbono e das características hidrológicas e morfológicas do reservatório, tais como a capacidade de armazenamento, o fluxo de vazão direcionado aos canais de drenagem, o tempo de reposição da água nos sistemas, a área, a profundidade, as flutuações do nível da água e também da localização das turbinas e vertedouros.

Serra et al. (2020), destacam que, as comunidades nacional e internacional reconhecem que os impactos causados pela instalação de sistema de geração de energia hidrelétrica são vastos e atingem um amplo espectro de aspectos sociais, econômicos e ambientais. De acordo com Bermann (2007) os principais problemas causados por esses empreendimentos no aspecto ambiental são:

alteração do regime hidrológico dos rios, com o comprometimento dos processos e atividades localizados à jusante do reservatório;

comprometimento na qualidade das águas, em razão do caráter lântico dos reservatórios, dificultando a decomposição dos rejeitos e efluentes;

assoreamento dos reservatórios, em virtude do descontrole no padrão de ocupação territorial nas cabeceiras, submetidos a processos de desmatamento e retirada da mata ciliar;

emissão de gases de efeito estufa, particularmente o metano, decorrente da decomposição da cobertura vegetal submersa em definitivo;

aumento do volume de água no reservatório formado, com consequente sobrepressão sobre o solo e subsolo pelo peso da massa de água represada, em áreas com condições geológicas desfavoráveis;

problemas de saúde pública, pela formação dos remansos nos reservatórios e decorrente proliferação de vetores transmissores de doenças endêmicas;

dificuldades para assegurar o uso múltiplo das águas em razão do caráter histórico de priorização da geração elétrica em detrimento dos outros possíveis usos como irrigação, lazer, piscicultura, entre outros.

De igual forma, Batista et al. (2012) destacam que a instalação de usinas hidrelétricas modifica o escoamento dos rios em superfície e em profundidade, comprometendo também o curso natural dos canais fluviais e seus leitos, além de contribuir para a supressão de fitofisionomias nativas e descaracterização da ictiofauna. Os autores supracitados ainda pontuam acerca da alteração do regime de evaporação e precipitação das áreas circunvizinhas e a necessidade de deslocamento dos povos ribeirinhos, não se mostrando assim uma boa alternativa ecológica.

Informações apresentadas pela International Rivers¹ em 2019 revelam que em 2015 havia mais de 57.000 barragens construídas no mundo, “impactando” mais da metade dos rios de grande porte do planeta

¹ <https://www.internationalrivers.org/problems-whit-big-dams>

e alterando a qualidade das águas doces desses rios para condições muito piores daquelas verificadas anteriormente à implantação dos empreendimentos.

A barragem de rios para formar reservatórios para a geração de energia hidrelétrica tem alterado a hidrologia de muitos rios sul-americanos, no Brasil, a matriz energética predominante é sustentada em fontes renováveis, correspondendo à produção hidrelétrica a pouco mais de 60% do total da energia gerado no país (ANEEL, 2019).

Com aumento dos investimentos no setor elétrico brasileiro, a partir da década de 80, vários projetos hidrelétricos para a Amazônia foram iniciados, segundo Souza et al. (2020):

A construção desses empreendimentos na Amazônia atinge áreas de reservas ambientais, locais com alto grau de biodiversidade, com espécies endêmicas e raras. Espécies de peixes de interesse econômico tendem a sumir, pois grande maioria das espécies de peixes necessita de água corrente, em função da oxigenação da água. Logo, a água parada dos lagos artificiais afeta a sua reprodução e a ecologia local, causando grande desequilíbrio e mortandade, afetando a base alimentar e econômica de comunidade indígenas, ribeirinhos e pescadores, os quais tem o rio como seu meio de vida. (SOUZA et al., 2017)

O crescimento populacional do país demandou aumento na produção de energia e, por conseguinte, na expansão das usinas hidrelétricas para outras regiões, visto que eram concentradas no sul e sudeste do país. As regiões Norte e Centro-Oeste (BARLETA et al., 2010), principalmente as áreas inseridas no domínio Amazônico, passaram a figurar como as mais favoráveis a esse tipo de empreendimento devido às características de descarga dos canais de drenagem, representadas por vazões iguais ou superiores a Q95, ou seja, quando em 95% do tempo considerado os rios mantêm vazões mínimas para o abastecimento dos reservatórios.

Segundo SERRA et al. (2020), o barramento de um rio para o represamento da água transforma todo o regime de correntezas e de fluxo das águas, além de reorganizar a deposição de sedimentos e distribuição de nutrientes e oxigênio. Aponta ainda que, outra importante alteração envolve a retirada da vegetação ciliar, que além de funcionar como um filtro para a entrada de sedimentos provenientes do escoamento superficial para os corpos d'água, fornece alimento alóctone para a biota aquática.

Estudos demonstram que a construção de usinas hidrelétricas leva a alteração dos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas em razão da diminuição da vazão. Para Gallardo (2017), os múltiplos aproveitamentos hidrelétricos em uma bacia podem acarretar impactos ambientais e sociais cumulativos, decorrentes de impactos pouco ou muito significativos, visto que o ecossistema aquático sofre a transformação de um ambiente lótico em lântico o que acarreta diversas alterações, inclusive na qualidade da água.

No Brasil, 67% da energia gerada no país em 2021 e 62,48% da potência instalada vêm de usinas movidas pela força dos rios. Há em operação no país 739 centrais geradoras hidrelétricas, 425 pequenas centrais hidrelétricas e 219 usinas hidrelétricas (ANEEL, 2019).

Em Mato Grosso, dados extraídos do portal SINDENERGIA apontam que no ano de 2019 entre UHE, PCH, APM (barramento com aproveitamento múltiplo) e CGH (central geradora hidrelétrica) o estado já contava com 499 empreendimentos, dentre eles uns em fase de instalação e outros já em operação.

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise espacial de qualidade de água baseado em dados de Potencial Hidrogeniônico e Oxigênio Dissolvido na Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires, onde se encontram instalados barramentos para produção de energia.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área estudada compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires, localizada na região Amazônica do Estado de Mato Grosso e compõe uma das principais regiões desse estado, com alto índice de desenvolvimento econômico e intensa exploração dos recursos naturais (WENZEL et al., 2017).

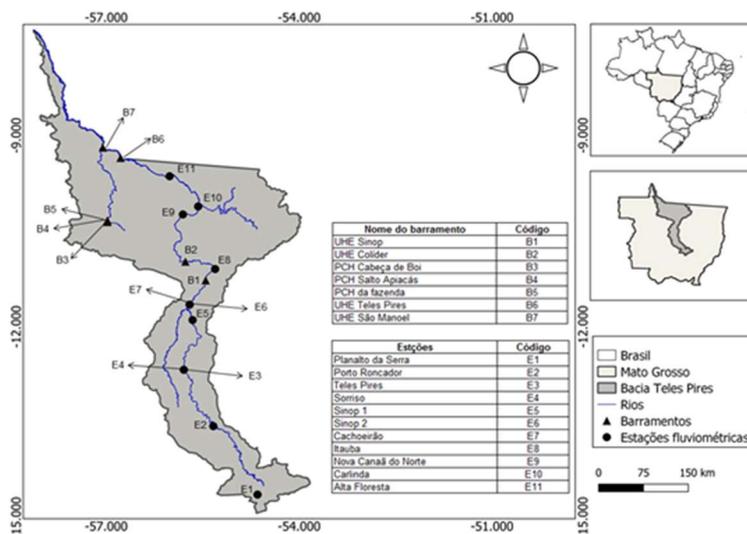


Figura 1: Mapa de localização da Bacia do rio Teles Pires, das estações de monitoramento e dos Barramentos.

A Bacia do Rio Teles Pires (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 de drenagem e 3.647 km de perímetro (EPE, 2008).

A BHTP está inserida na zona de transição entre os biomas amazônico e do cerrado. O clima predominante 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 outubro a março e estiagem de maio a setembro (TARIFA, 2011).

Da bacia hidrográfica do rio Teles Pires

Localizada no norte do Estado de Mato Grosso, região em franca expansão econômica, destacando as atividades agropecuárias que demandam intensa ocupação do solo, os impactos ambientais, especialmente nos recursos hídricos, já são conhecidos na literatura para outras bacias hidrográficas (UMETSU et al., 2007).

A bacia do rio Teles Pires, no norte de Mato Grosso, conta com uma área de drenagem de 141.172km² e uma extensão de aproximadamente 1.482km (BRASIL, 2009), e se destaca como importante bacia hidrográfica a ser explorada. Abrangendo 35 municípios, a maioria deles ao norte do estado, influencia diretamente uma população de aproximadamente 675.000 mil habitantes. Nessa bacia, conforme estudos já

realizados constatou-se um potencial hidrelétrico de 3.967 MW, distribuídos em cinco hidrelétricas: UHE Sinop, UHE Colíder, UHE Teles Pires, UHE São Manoel, UHE Foz do Apiacás (BRASIL, 2008).

São poucos os estudos e as informações sobre a qualidade da água, denotando uma carência de conhecimento sobre ecossistemas aquáticos desta região, tanto nas condições naturais quanto nas alterações provocadas por diferentes atividades antrópicas desenvolvidas na bacia.

Das variáveis da qualidade da água e seus parâmetros

Diversos são as variáveis utilizadas para representar a qualidade de água, as quais traduzem as principais características físicas, químicas e biológicas, e a sua determinação permite um comparativo com os padrões legais especificados pelas Resoluções CONAMA nº 357/2005, CONAMA nº 274/2000, CONAMA nº 454/2012, e Portaria de Consolidação nº 05/20217 do Ministério da Saúde (Anexo XX alterada pela Portaria GM/MS nº 888 de 04 de maio de 2021). Referidas normas tratam dos parâmetros orientadores da qualidade da água, dos sedimentos e da biota a serem observados na caracterização dos padrões físicos e químicos das águas.

A Resolução Conama nº 357/2005 dispõe sobre a classificação das águas superficiais doces, salobras e salinas estabelecendo treze classes segundo a utilização, definindo parâmetros de qualidade a serem atendidos de acordo com usos pretendidos e desta forma, as águas doces são classificadas e: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4.

Considerando que o Estado de Mato Grosso ainda não possui nenhum corpo hídrico formalmente enquadrado, segundo dispõe o artigo 42 da Resolução nº 357/2005, deve-se considerar para fins de outorga de uso, como classe 2 que são destinadas ao abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional; à proteção das comunidade aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com as quais as pessoas possam ter contato direto; à aquicultura e à atividade de pesca.

Neste estudo buscou-se analisar as variáveis Potencial Hidrogeniônico (pH) e Oxigênio Dissolvido (OD), as quais fazem parte do Índice de Variáveis Mínimas para Preservação da Vida Aquática (IPMCA), compondo, juntamente com o ensaio de Toxicidade, o rol de variáveis essenciais. Para isso, foi utilizado o banco de dados de qualidade de água (QUALÁGUA) do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA) da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), disponível na Plataforma on-line HidroWeb, selecionando todas as estações de monitoramento em operação na Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires, no território do Estado de Mato Grosso, cuja lista e dados são apresentados no Quadro 1.

Na busca de estações Fluviométricas no HidroWeb o resultado retornou, também, a estação nominada por Santa Rita do Trivelato (Código 17119500), mas na análise preliminar e organização dos dados notou-se tratar dos mesmos dados da estação Planalto da Serra. Por esse motivo decidiu-se excluir a estação Santa Rita do Trivelado, mantendo somente a estação Planalto da Serra.

As estações Teles Pires e Sorriso estão sediadas no mesmo local (coordenadas semelhantes), porém a primeira é de responsabilidade da ANA e operada pelo CPRM, já a segunda é de responsabilidade e

operação da SEMA/MT. O mesmo ocorre com as estações Sinop 2 e Cachoeirão, sendo a primeira de responsabilidade e operação da SEMA/MT e a segunda de é uma parceria ANA/CPRM. A Figura 2 ilustra os pontos de coleta conforme as coordenadas informadas para cada estação no bando dados do HidroWeb.

Quadro 1: Identificação das estações de monitoramento, Código HidroWeb, Localização (Latitude – Lat, Longitude – Long), Altitude – Alt, Área de Drenagem - D, Responsável e Operador.

Nome da Estação	Código	Lat	Long	Alt (m)	D (km ²)	Responsável	Operador
Planalto da Serra	17118000	-14,6311	-54,6469	451	436	SEMA/MT	SEMA/MT
Porto Roncador	17200000	-13,5575	-55,3347	346	10800	ANA	CPRM
Teles Pires	17210000	-12,6742	-55,7928	316	13900	ANA	CPRM
Sorriso	17272000	-12,6739	-55,7939	309	13737	SEMA/MT	SEMA/MT
Sinop 1	17273000	-11,8939	-55,6561	313	20213	SEMA/MT	SEMA/MT
Sinop 2	17279000	-11,6531	-55,7036	304		SEMA/MT	SEMA/MT
Cachoeirão	17280000	-11,6517	-55,7025	311	34600	ANA	CPRM
Itaúba	17290000	-11,0944	-55,3058	267	38485	SEMA/MT	SEMA/MT
Nova Canaã do Norte	17310000	-10,2383	-55,8075	228	48872	SEMA/MT	SEMA/MT
Carlinda	17340100	-10,1131	-55,5700	227	52199	SEMA/MT	SEMA/MT
Alta Floresta	17381000	-9,6392	-56,0144	225	81823	SEMA/MT	SEMA/MT



Figura 2: Localização das estações de monitoramento da qualidade da água com sobreposição no rio Teles Pires.

O banco de dados apresenta informações do período de 04/10/2002 até 13/02/2020, porém sem correspondência entre as estações, inclusive, na maioria delas há anos com falhas. Neste estudo adotou-se o ano como repetição para os testes estatísticos.

Numa análise visual dos dados, notou-se maior número de medições no período de seca, quase o dobro das medidas do período de chuvas. Por isso, quando se observou mais de uma medida no mesmo período e no mesmo ano, elas foram consideradas como duplicata, triplicata ou quadruplicata, das quais se obteve a média. Esse procedimento diminui a discrepância do tamanho das amostras de cada variável. O tratamento estatístico seguiu as etapas apresentadas no fluxograma na Figura 3.

Além do que está demonstrado na Figura 3 foi feito um teste de regressão para as variáveis OD e pH em função do afastamento da nascente em direção à foz do rio Teles Pires, adotando a Estação de Medição Planalto da Serra como ponto inicial e marcando a distância acumulada percorrida (D, em km) pelo rio a cada estação, fazendo o ajuste linear e teste T dos coeficientes com 95% de confiança. Foi feito o ajuste considerando os dados gerais sem distinção de época e na sequência o mesmo tratamento para o período seco e chuvoso.

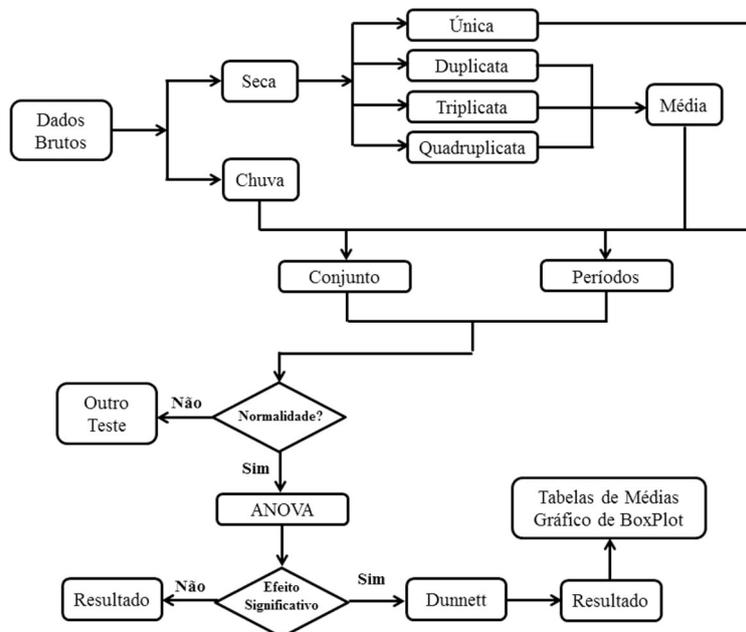


Figura 3: Fluxograma da organização dos dados, tratamento estatístico e apresentação dos resultados.

Por último foi feito o teste de comparação entre as estações de medição que estão no mesmo ponto do rio, já destacadas na Figura 2. Para isso, foi feito um teste de normalidade e para os dados com distribuição paramétrica foi feito o teste T e para os não paramétricos o teste de Mann Whitney, ambos com 95% de confiança.

RESULTADOS

Na Tabela 1 é apresentado o resultado do teste de Normalidade de Anderson Darling com 95% de confiança para os dados de pH e OD aferidos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires, onde se observa distribuição normal de todos os conjuntos de dados.

Tabela 1: P-valores do teste de Normalidade de Anderson Darling para os dados de pH e OD organizados em conjunto e separados por época, na bacia hidrográfica do rio Teles Pires.

Estações	PH			OD		
	Geral	Chuva	Seca	Geral	Chuva	Seca
Planalto da Serra	0,5140	0,1670	0,5320	0,0800	0,3570	0,1300
Porto Roncador	0,2340	0,9110	0,2120	0,9660	0,6450	0,9660
Teles Pires	0,4140	0,3120	0,6500	0,7240	0,2780	0,3930
Sorriso	0,7100	0,7720	0,6890	0,3080	0,2310	0,4680
Sinop 1	0,5270	0,3739	0,3440	0,6680	0,7910	0,0760
Sinop 2	0,5570	0,2740	0,3540	0,8780	0,3510	0,4280
Cachoeirão	0,4560	0,7890	0,5760	0,0850	0,2450	0,3460
Itaúba	0,7645	0,8020	0,5280	0,3400	0,4730	0,0730
Nova C. Norte	0,5260	0,8120	0,9130	0,0730	0,1660	0,0850
Carlinda	0,5793	0,6740	0,8400	0,4070	0,4900	0,0660
Alta Floresta	0,0891	0,1290	0,2950	0,0680	0,1560	0,3830

p-Valor $\geq 0,05$ é significativo para Normalidade com 95% de confiança.

Na Tabela 2 apresenta-se o resultado da Análise de Variação (ANOVA) considerando os dados gerais e por época para as variáveis pH e OD das estações de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Teles Pires.

Tabela 2: Resultado da ANOVA considerando os dados gerais e por época para as variáveis pH e OD das estações de monitoramento da bacia hidrográfica do rio Teles Pires.

Variável	Grupo	Causas de Variação	GL	SQ	QM	F	P-valor
PH	Geral	Tratamentos	10	5,53	0,55	2,51	0,007**
		Resíduo	321	51,12	0,21		
		Total	241	56,68			
	Chuva	Tratamentos	10	5,17	0,52	3,73	0,000**
		Resíduo	106	14,71	0,21		
		Total	241	19,88			
	Seca	Tratamentos	10	2,72	0,27	1,18	0,314 ^{NS}
		Resíduo	112	25,87	0,23		
		Total	122	28,58			
OD	Geral	Tratamentos	10	35,74	3,57	3,87	0,000**
		Resíduo	221	204,36	0,93		
		Total	231	240,10			
	Chuva	Tratamentos	10	41,04	4,10	8,42	0,000**
		Resíduo	100	48,75	0,49		
		Total	110	89,79			
	Seca	Tratamentos	10	13,70	1,37	1,80	0,070 ^{NS}
		Resíduo	105	80,08	0,76		
		Total	115	93,78			

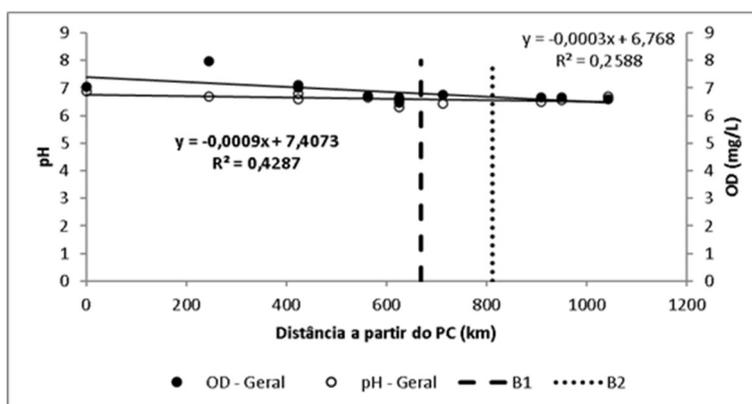
** Significativo com 99% de confiança, ^{NS} Não Significativo.

Na Tabela 3 apresenta-se o resultado do teste de comparação de médias com o Ponto Controle (PC = Estação Planalto da Serra) para as variáveis pH e OD utilizando o teste de Dunnett com 95% de confiança.

Tabela 3: Resultado do teste de comparação de médias de Dunnett para as variáveis pH e OD considerando os dados gerais e por época.

Estação	PH			OD		
	Geral	Chuva	Seca	Geral	Chuva	Seca
Planalto da Serra (PC)	6,89	6,91	6,84	7,06	6,94	7,17
Porto Roncador	6,70 ^{NS}	6,56 ^{NS}	6,81 ^{NS}	7,99*	8,14*	7,87 ^{NS}
Teles Pires	6,59 ^{NS}	6,40*	6,77 ^{NS}	7,12 ^{NS}	6,91 ^{NS}	7,31 ^{NS}
Sorriso	6,79 ^{NS}	6,70 ^{NS}	6,87 ^{NS}	7,03 ^{NS}	6,97 ^{NS}	7,08 ^{NS}
Sinop 1	6,66 ^{NS}	6,46 ^{NS}	6,82 ^{NS}	6,72 ^{NS}	6,31 ^{NS}	7,12 ^{NS}
Sinop 2	6,57 ^{NS}	6,39*	6,74 ^{NS}	6,65 ^{NS}	6,10*	7,20 ^{NS}
Cachoeirão	6,32*	6,19*	6,39 ^{NS}	6,47 ^{NS}	6,46 ^{NS}	6,47 ^{NS}
Itaúba	6,44*	6,20*	6,68 ^{NS}	6,76 ^{NS}	6,15 ^{NS}	7,36 ^{NS}
Nova Canaã do Norte	6,50 ^{NS}	6,23*	6,85 ^{NS}	6,65 ^{NS}	6,19 ^{NS}	7,61 ^{NS}
Carlinda	6,58 ^{NS}	6,35*	6,90 ^{NS}	6,67 ^{NS}	5,98*	7,48 ^{NS}
Alta Floresta	6,71 ^{NS}	6,44*	6,95 ^{NS}	6,59 ^{NS}	5,92*	7,58 ^{NS}

Médias seguidas por asterisco (*) nas colunas diferem do Planalto da Serra pelo teste Dunnett com nível de significância igual a 5%. ^{NS} Não Significativo.

**Figura 4:** Regressão Linear para os dados gerais de pH e OD em função do percurso do curso d'água principal a partir do Ponto Controle.

Na Figura 4 apresenta-se o resultado da análise de regressão linear para os dados de pH e OD em

função do afastamento do ponto de controle, por onde se observa, que tanto o pH quanto o OD apresentam tendência de redução (Coeficiente Angular negativo) à medida que se afasta do Ponto Controle, ou seja, há uma redução do valor das duas variáveis avaliadas à medida que o curso principal do rio Teles Pires se afasta da nascente em direção à foz, no trecho avaliado. O mesmo procedimento feito para os dados separados por época (seca e chuva) está apresentado na Figura 5A e 5B, respectivamente para pH e OD.

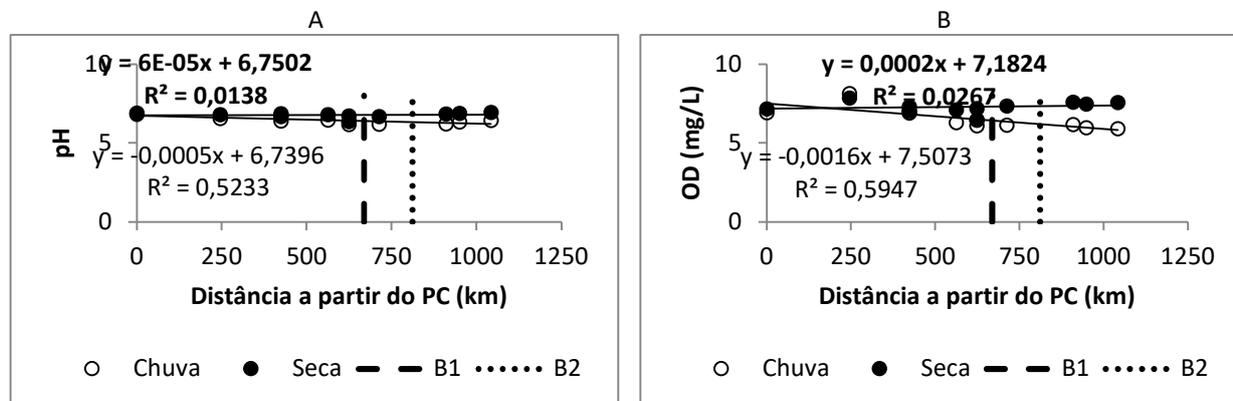


Figura 5: Regressão Linear para os dados de pH (A) e OD (B) em função do percurso do curso d'água principal a partir do Ponto Controle nos períodos de Chuva e Seca.

Tabela 4: P-valor do teste de Normalidade de Anderson Darling para os dados de pH e OD sem separação de época.

Estação de Medição	PH		OD	
	P-valor		P-valor	
Sorriso	<0,005		0,130	
Teles Pires	0,240		0,106	
Cachoeirão	0,528		0,038	
Sinop 2	<0,005		0,877	

p-Valor $\geq 0,05$ é significativo para Normalidade com 95% de confiança.

Na Tabela 5 apresenta-se o resultado do teste de Médias (dados paramétricos) e Medianas (dados não paramétricos) para a comparação dos dados de pH e OD medidos nas estações sobrepostas.

Tabela 5: Resultado do teste de Médias e Medianas para os dados de pH e OD comparados entre estações sobrepostas na bacia hidrográfica do rio Teles Pires.

Estações	pH	OD
Teles Pires x Sorriso	0,735 (NP) ^{NS}	0,733 (P) ^{NS}
Sinop 2 x Cachoeirão	0,017 (NP)*	0,691 (NP) ^{NS}

NP = Não Paramétrico; P = Paramétrico. * Significativo com 5% de significância. ^{NS} Não significativo.

DISCUSSÃO

A ANOVA, na Tabela 2, revelou diferença estatística entre estações de monitoramento, tanto para os dados de pH, quanto de OD, quando se avaliou os dados gerais ou do período das chuvas, indicando necessidade de maior atenção nesse período. Na época da seca, quando a vazão diminui, há uniformidade dos valores de pH e OD entre as estações de monitoramento revelando um padrão constante no percurso do rio Teles Pires entre as proximidades da nascente e a foz, mesmo após passar pelos barramentos de duas Usinas Hidroelétricas.

Para o pH (Tabela 3), quando se observa os dados gerais, nota-se diferença estatística entre as medições feitas nas estações Cachoeirão e Itaúba, com valores menores que o Ponto Controle. Já quando se

observa separadamente os dados da época chuvosa nota-se diferença estatísticas das medições feitas nas estações Teles Pires, Sinop 2, Cachoeirão, Itaúba, Nova Canaã do Norte, Carlinda e Alta Floresta, revelando águas mais ácidas predominantemente no médio e baixo curso do rio Teles Pires. Todavia, embora se perceba redução do pH, nota-se total conformidade com a faixa de referência da Resolução 357/2005 – CONAMA, que sugere pH entre 6,0 e 9,0 para águas doces superficiais de Classe 2.

Ainda pela Tabela 3, nota-se pelos dados gerais que apenas as medições feitas na Estação e monitoramento Porto Roncador apresenta OD diferente do Ponto Controle, revelando uma oferta constante de Oxigênio Dissolvido ao longo do rio. Embora diferente, o OD medido na Estação Porto Roncador é diferente para maior (7,99 mg L⁻¹ de O₂), o que é bom, inclusive em magnitude maior que do que o mínimo recomendado na resolução 357/2005 do CONAMA (OD não inferior a 5 mg L⁻¹ de O₂). Nas demais estações o OD se iguala estatisticamente ao que foi medido no Ponto Controle, e em todas elas com OD acima do limite requerido pela legislação. Já quando se observam os dados do período chuvoso nota-se diferença estatísticas nas medições feitas nas estações Porto Roncador, Sinop 2, Carlinda e Alta Floresta, sendo que no primeiro caso a diferença é para mais e nos outros a diferença é para menos, no entanto todas as medidas atendem ao mínimo previsto na legislação ambiental vigente.

O OD é considerado um fator limitante para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais. A baixa concentração de OD na água leva à mortandade de peixes e outras espécies de seres vivos que utilizando o oxigênio dissolvido na água para respirarem, que são os organismos aeróbios (VON SPERLING, 1995). A principal causa da redução de OD no meio aquático ocorre quando há presença de matéria orgânica na água, oriunda, por exemplo, de despejos de esgotos, onde as bactérias, por meio do processo de biodegradação, consomem o oxigênio dissolvido produzindo o gás metano (CH₄), causando odor na água. Portanto, em face aos dados apurados, observa-se que não efeito relevante da presença de agentes potencialmente redutores do OD na água do rio Teles Pires, no trecho avaliado, o que é um indicador positivo de saúde do manancial.

Na Figura 4, embora exista uma tendência gráfica de redução linear das variáveis avaliadas, o teste estatístico dos coeficientes a e b do modelo linear $y = ax + b$ revelou ausência de tendência significativa pelo teste T de Student a 5% de probabilidade, portanto rejeita-se estatisticamente a hipótese de redução significativa das variáveis avaliadas.

Ainda na Figura 4, as linhas verticais representam os barramentos B1 (UHE Sinop) e B2 (UHE Colider). Nota-se tendência de estabilidade das variáveis (pH e OD) no percurso do rio a partir dos barramentos evidenciando ausência de impacto significativo desses empreendimentos na qualidade da água, no que se refere ao pH e ao OD quando se utilizam dos dados gerais anuais aferidos pelas estações de monitoramento oficiais.

Pela Figura 5 nota-se que tanto o pH quanto o OD apresentam tendência fraca (Coeficiente Angular tendendo a Zero) de aumento dos valores medidos em função do percurso do rio à medida em que ele se afasta do Ponto Controle em direção à foz. Quando se avalia separadamente o período das chuvas tanto o pH quanto do OD apresentam tendência mais forte de redução à medida que o curso d'água se afasta do

Ponto Controle e isso é mais evidente para o OD reduzindo sua concentração a valores menores que 6 mg L⁻¹ de Oxigênio Dissolvido no baixo rio Teles Pires. O teste estatístico mostrou tendência linear significativa (5% pelo teste T Student) apenas para o ajuste dos dados de OD do período seco ($y = 0,0002X + 7,1824$), com p-valores 0,4955 e 28,1853, para os coeficientes a e b, respectivamente.

Ainda pela análise dos dados da Figura 5A e 5B percebe-se que os barramentos B1 e B2 não provocaram variação perceptível nos dados médios de pH e OD à sua jusante o que pode significar baixo impacto dessas estruturas na dinâmica de qualidade de água. Todavia, alterações em reservatórios, devido a um possível acúmulo de sedimentos nutritivos, podem provocar impactos no médio e longo prazo, o que sugere a necessidade de monitoramento continuado desses mananciais.

Na Tabela 4 apresenta-se o resultado do teste de Normalidade para os dados de pH e OD das estações Sorriso e Teles Pires e Sinop 2 e Cachoeirão, de onde se extrai que, os dados de pH das estações Sorriso e Sinop 2 apresentam comportamento não paramétrico, semelhante ao que ocorre com os dados de OD para a estação Cachoeirão.

Pelos dados da Tabela 5 observa-se que apenas as medições de pH das estações Sinop 2 e Cachoeirão apresentam medianas diferentes pelo teste de Mann Whitney com 5% de significância, o que pode estar associado ao tipo de medidor utilizado ou à calibração deles. Já as demais comparações revelaram médias ou medianas iguais estatisticamente.

De acordo com PRADO (2018), o monitoramento ambiental da qualidade da água dos rios em bacias hidrográficas, se torna uma importante ferramenta na gestão dos recursos hídricos, permitindo o conhecimento das tendências de evolução da qualidade da água, por meio da quantificação de variáveis físicas, químicas e biológicas. Tal conhecimento viabiliza o amplo diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica, permitindo a avaliação das respostas dos ambientes aquáticos aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência (CUNHA et al., 2010).

Estudos conduzidos por Andrietti et al. (2016) no Rio Caiabi, afluente do Rio Teles Pires, localizado na região médio norte do Estado, demonstram que as águas deste rio possuem uma boa qualidade e evidenciaram o baixo risco de eutrofização.

No trabalho desenvolvido por Moreira (2011) nos rios Teles Pires e Cristalino (MT) identificou-se as características químicas, variações sazonais e a biogeoquímica, demonstrando que a sazonalidade da precipitação implica em variações significativas das vazões, em ambos os rios, e alterações na composição química da água. O monitoramento realizado por Umetsu et al. (2007) nos mesmos rios, feito entre os meses de julho de 2004 a junho de 2005, evidenciou que os rios são fortemente influenciados pelas características ambiental e geomorfológica de suas bacias de drenagem, além da influência da precipitação pluviométrica.

Dalmagro et al. (2007) avaliaram a dinâmica do carbono inorgânico dissolvido, verificando que os rios Teles Pires e Cristalino apresentaram variação sazonal de pH, evidenciando que no período da seca os valores de íon bicarbonato são maiores, além de apresentarem supersaturados de dióxido de carbono em relação a atmosfera.

De igual forma foi avaliada a qualidade da água por Caovilla (2008) que apontaram a variação entre

média a boa qualidade da água, destacando que fatores como relevo, escoamento superficial, atividades agropecuárias e proximidade a centros urbanos foram determinantes nos resultados.

Para Souza et al. (2020), o interesse pelos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Teles Pires começou de fato no ano 2000, quando os projetos de construção de barragens na região para obtenção de energia elétrica se tornaram realidade. Aponta que a implantação desses empreendimentos, com estudos de impactos realizados de forma fragmentada, vem causando impactos em toda a bacia do rio Teles Pires. Menciona em sua dissertação que a eutrofização do lago da UHE Teles Pires, em Paranaíta, a exemplo, em função da não retirada total das árvores submersas, causou grande mortalidade de peixes e contaminação da água.

Mais recentemente, em razão dos eventos de mortalidade de peixes, um acordo judicial firmado entre a Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso, Ministério Público Federal e a Companhia Energética de Sinop, definiu medidas para mitigar os impactos causados pela instalação do empreendimento. Ficou estabelecido a realização de monitoramento constante da qualidade da água a ser realizado por meio de quatro estações telemetrizadas que a ser instaladas, sendo três a montante do barramento da UHE Sinop e uma a jusante, objetivando a coleta de informações sobre a concentração de oxigênio, temperatura e condutividade.

Qualidade da água de acordo com os Relatórios das UHEs

Conforme apanhado por Prado (2018), a UHE Colíder, como parte do Estudo de Impacto Ambiental, desenvolveu a coleta e análise de água na área de influência direta do empreendimento, nos anos de 2007 e 2008 e, demonstrou que no período de estiagem na maioria dos pontos de coleta, todos os parâmetros estiveram em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, enquanto no período chuvoso houve alteração dos parâmetros. Já na fase de construção da usina, dados fornecidos pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC et al., 2012), apontam nos relatórios de 2011 a 2014 que os valores de IQA estiveram entre aceitável a bom (LACTEC et al., 2012).

Consoante a isto, a UHE Foz do Apiacás, instalada no Rio Apiacás, afluente do Rio Teles Pires, abrangendo os municípios de Apiacás, Paranaíta e Nova Monte Verde, o Relatório de Impacto Ambiental (2010) indica que a qualidade das águas foi considerada boa, de forma geral na época da seca, contudo, no período chuvoso grande parte das áreas foi considerada com água de média qualidade (EPE, 2010).

Com relação à UHE São Manoel, instalada no Rio Teles Pires e se estendendo da foz do Rio São Benedito até a foz do Rio Verde, no Estudo de Impacto Ambiental desta hidrelétrica foram coletadas amostras de água em nove pontos, sendo seis no Rio Teles Pires, dois num afluente da margem esquerda e outro no Rio São Benedito, nos anos de 2008 e 2009 (EPE, 2010) e, segundo apurado, a qualidade da água foi considerada boa, com baixa contaminação por poluentes urbanos ou industriais (EPE, 2011). Na fase de sua instalação, amostras coletadas no período de agosto de 2014 a junho de 2015, apontaram que não há alterações sistemáticas que possam ser atribuídas à construção da UHE, segundo BORSARI (2015).

Já no Estudo de Impacto Ambiental da UHE Teles Pires, situada no Rio Teles Pires, realizado antes do

barramento, apresentou os resultados de amostras de água coletadas em oito pontos amostrais, sendo seis no rio Teles Pires e dois no rio Paranaíta, nos anos de 2009 e 2010, e nestes, oito parâmetros dos trinta e um padrão estabelecidos pela Resolução Conama nº 357/2005, estiveram fora dos limites (EPE, 2010).

O estudo de impacto ambiental da UHE Sinop, realizado no de 2008, aponta que os resultados do IQA na época da chuva apresentaram índice aceitável, com exceção do Rio Verde; já nos demais ambientes, em ambos os períodos, pontuou a água como de boa qualidade (EPE, 2010).

Qualidade da água de acordo com relatório elaborado pela Secretaria de Estado de meio Ambiente – SEMA/MT

Como uma das competências da Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA/MT), destaca-se na execução da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei nº 11.088/2020, cabendo-lhe implementar ações de controle do uso de recursos hídricos e difundir conhecimentos sobre as águas mato-grossenses, buscando assegurar a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas para as gerações atuais e futuras, bem como o uso múltiplo dos recursos hídricos.

Contava o Estado em 2017, com uma rede de monitoramento composta por 81 pontos de amostragem, sendo a mesma expandida em 2018 para 97 pontos e 107 pontos em 2019.

Conforme Nora et al. (2012), os rios que compõem as bacias Amazônicas, Paraguai e Tocantins-Araguaia, presentes no estado, vêm sofrendo forte pressão ambiental em função do modelo adotado como base da economia regional: o agronegócio. As lavouras de soja, milho, algodão utilizam insumos agrícolas para fomento da produção e, estes insumos são levados pelas chuvas no escoamento superficial até os rios, influenciando a qualidade da água e a biodiversidade dos cursos de água. Destacando igualmente, de sobremaneira, a pressão ambiental exercida pela intensa utilização das águas dos rios para a irrigação e para a geração de energia elétrica.

Nesse cenário, a Coordenadoria de Monitoramento da Água e do Ar, ligada à Superintendência de Recursos Hídricos da SEMA, editou o Relatório de Qualidade das Águas Superficiais unificado para as três regiões hidrográficas de Mato Grosso (Amazônica, Tocantins-Araguaia e Paraguai), relativos aos anos de 2018 e 2019, referenciando-se em 26 parâmetros físicos e químicos e 2 biológicos coletados em 107 pontos de amostragem da rede hidrológica básica de Mato Grosso. Os resultados foram avaliados por meio o IQA/NSF (Índice de Qualidade da Água da National Sanitation Foundation), IET (Índice de Estado Trófico) e da Resolução nº 357/2005.

Os parâmetros norteadores para o monitoramento da qualidade da água traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas, permitindo uma comparação com os padrões estabelecidos em lei, esses estabelecidos em razão da água ser um recurso comum a todos, necessitando de proteção por meio de restrições legais de uso. O acompanhamento contínuo dos parâmetros da qualidade das águas superficiais permite a confrontação com os padrões legais estabelecidos, sendo essencial o monitoramento ao longo das bacias hidrográficas.

Os critérios para a escolha dos pontos de amostragem e dos parâmetros a serem analisados é feita

em função do corpo d'água, do uso benéfico de suas águas, da localização de atividades que possam influenciar na sua qualidade e, da natureza das cargas poluidoras, como despejos industriais, esgotos domésticos, águas de drenagem agrícola ou urbana (SEMA, 2020). Para as 107 estações de monitoramento da rede hidrológica de Mato Grosso, foram considerados como critérios a representatividade da estação quanto ao uso e ocupação do solo e a acessibilidade.

Especificamente a região hidrológica da Bacia Amazônica, conta com 29 estações cadastradas, sendo distribuídas 13 estações na sub-bacia do Rio Teles Pires, 14 estações na sub-bacia do Rio Juruena-Arinos, 1 estação no Rio Guaporé na sub-bacia do Rio Guaporé e 01 estação no Rio Sete de Setembro na sub-bacia do Xingu.

Os resultados do monitoramento efetuado na Região Hidrográfica Amazônica demonstram, segundo o Relatório, que os rios desta região apresentam águas límpidas e transparentes (baixos valores de cor e turbidez), com baixas concentrações de nitrogênio, com adequadas concentrações de oxigênio dissolvido. Com relação ao Índice de Qualidade das Águas - IQA, foram classificadas, predominantemente, como boa (80 ocorrências) e regular (33 ocorrências), registrando que nenhuma das estações obteve classificação ótima ou ruim. Destaca que, os parâmetros que influenciaram os resultados da classificação regular, foram fósforo total e pH que apresentaram valores fora do estabelecido para corpos d'água de Classe II.

Vale ressaltar que, o pH é uma medida que determina se a água está ácida ou alcalina, variando de 0 a 14. No que se refere aos ecossistemas aquáticos, os efeitos do pH influenciam diretamente sobre a fisiologia de diversas espécies, sobre os processos bioquímicos, especialmente as trocas iônicas com o meio extracelular. De acordo com Von Sperling (1995), as principais causas da variação de pH em corpos hídricos se dão pela oxidação da matéria orgânica devido aos despejos de esgotos domésticos e industriais. O pH elevado pode estar associado à proliferação de algas, cuja presença em grandes quantidades forma uma camada esverdeada na superfície da água, que bloqueia a passagem da luz solar, reduzindo a disponibilidade de OD, levando a morte de inúmeras espécies aquáticas.

Por outro lado, o pH baixo pode ser um indicativo de presença de esgotos industriais e podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas aos organismos aquáticos, como por exemplo, os metais pesados.

Ademais, aponta que os parâmetros analisados estão dentro dos limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conama, indicando que os corpos d'água dessa região hidrográfica pode ser destinados para os usos previstos legalmente, como: abastecimento público após o tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário (conforme Resolução CONAMA nº 274/2000), irrigação de hortaliças, aquicultura e atividade de pesca.

O fato de o parâmetro da qualidade da água apontados nos relatórios em estudo indicarem, em média, ser de boa qualidade, não significa que não haja impacto na instalação dos empreendimentos energéticos, sequencialmente, na calha do Rio Teles Pires. Registra-se que, do ponto de vista dos processos erosivos superficiais ou de canal fluvial, dois fatores são afetados: cor e turbidez.

Como apontado por Luiz et al. (2012) a produção de sedimentos está intimamente relacionada à

composição, uso, manejo e transporte do elemento solo. Esses sedimentos têm extrema importância em estudos de impacto ambiental, haja vista a sua capacidade de acumular espécies de microrganismos e de elementos químicos que se associam ao material em suspensão, sendo transportados na forma dissolvida, ou por vezes, coloidal.

Vale ressaltar que de acordo com a Resolução 01/1986 do CONAMA impacto ambiental é qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por alguma forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas.

Se faz importante destacar que usinas hidrelétricas tanto têm permitido a expansão econômica e o progresso do bem-estar da sociedade humana, mas também têm faces obscuras que demandam constante monitoramento. E mais, a precariedade conceitual e empírica dos Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e dos Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA) é real, visto que é praxe a prática do “*control C e control V*”, relegando ao valor comum particularidades fundamentais da biodiversidade e das condições socioeconômicas locais.

O setor energético é forte. Há poucos quadros qualificados para análise e acompanhamento das demandas desses estudos, e forte influência política em decisões que têm que ser técnica, o que torna a hidreletricidade um dos mais importantes paradigmas ou paradoxos da economia ambiental.

A expansão de empreendimentos energéticos na bacia hidrográfica do Rio Teles Pires aliada ao crescente e intenso uso do solo na área de drenagem, quando realizados sem a preocupação com a gestão desse recurso, causará alterações, uma vez que as relações entre rios e reservatórios hidrelétricos e suas respectivas bacias, influenciam na qualidade da água que são dinâmicas espacial e temporal que interferem nos usos múltiplos da água, como na geração de energia elétrica e, ainda no funcionamento e estrutura dos ecossistemas aquáticos (rio a jusante ou reservatório).

De acordo com as pesquisas realizadas durante o desenvolvimento deste artigo percebeu-se o pouco conhecimento sobre o ecossistema aquático de rios tributários do Amazonas, o que apontam para a necessidade estudos integrados da bacia hidrográfica que incluam a análise das características naturais e os fatores das variações limnológicas desses ecossistemas, incluindo as alterações provocadas por atividades antrópicas.

Os estudos sobre as variações do meio, qualidade e monitoramento da água são, em sua grande maioria, baseados nos dados e relatórios de monitoramento de órgãos de controle ambiental e publicados pelos empreendedores do setor energético, indicando uma qualidade da água de média a boa.

Em que pese as interferências antrópicas na Bacia do Rio Teles Pires, frente às 5 UHE instaladas, seja pelo crescimento do agronegócio na região, os estudos apontam que os rios dessa bacia estão com uma boa integridade ecológica, porém, alguns dos seus pontos começam a sofrer processos de enriquecimento orgânico, principalmente nas proximidades das áreas urbanas dos municípios de Sorriso e Sinop, o que demanda um maior acompanhamento a fim de que ações de intervenção sejam tomadas no momento adequado.

Faz-se necessário o monitoramento da qualidade das águas igualmente realizados pelo Gestor

Ambiental, visto que por meio dele, possibilitará um histórico ambiental dos rios auxiliando na adoção de ações de gestão ambiental e efetivação dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos.

CONCLUSÕES

A análise dos dados revelou invariabilidade espacial das medições de pH e OD no período seco quando se comparou cada estação com a estação controle, a mais próxima da nascente (Planalto da Serra);

No período chuvoso notou-se variabilidade espacial, onde as medições de pH e OD diferiram estatisticamente da estação controle. Apenas a variável OD, no período das chuvas, apresentou tendência linear significativa para redução das medições à medida que o curso do rio se afasta da nascente em direção à foz.

Independente do comportamento dos dados, as médias aferidas para cada estação nas duas épocas revelaram valores dentro dos limites desejáveis conforme a legislação ambiental vigente. A comparação entre dados das estações sobrepostas mostrou diferença estatística para as medianas de pH entre as estações Sinop 2 e Cachoeirão.

REFERÊNCIAS

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.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informações de Geração-BIG**: capacidade de geração do Brasil. Brasília: ANEEL, 2019.

BARLETTA, M.; JAUREGUIZAR, A. J.; BAIGUNS, C.; FONTOURA, N. F.; AGOSTINHO, A. A.; VAL, V. M. F. A.; TORRES, R. A.; SEGURA, L. F. J.; GIARRIZZO, T.; FABRÉ, N. N.; BATISTA, V. S.; LASSO, C.; TAPHORN, D. C.; COSTA, M. F.; CHAVES, P. T.; VIEIRA, J. P.; CORRÊA, M. F. M.. Fish and Aquatic Conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical system. **Journal of Fish Biology**, v.76, p.2118-2176, 2010.

BATISTA, B. M. F.; SÁNCHEZ, D. C. M.; SILVA, J. V.; MARTINEZ, D. T.; PASA, M. C.. Revisão dos Impactos Ambientais Gerados na Fase de Instalação das Hidrelétricas: uma Análise da Sub-Bacia do Alto Juruena - MT. **Biodiversidade**, v.11, n.1, p.69-85, 2012.

BERMANN, C.. Impasses e Controvérsias da Hidreletricidade. **Estudos Avançados**, v.21, n.59, p.139-153, 2007.

BORSARI. Engenharia e Meio Ambiente. **Diagnóstico Ambiental da Qualidade da Água e Macrófitas Aquáticas da Usina Hidrelétrica São Manoel**. 2015.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Brasília: MME; EPE, 2013.

BRASIL. Ministérios de Minas e Energia. **Plano de**

Desenvolvimento Econômico – PDE 2014-2023. Brasília: MME, 2014.

CAOVILLA, F. C.. Avaliação da Qualidade da Água da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires, Mato Grosso. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9. **Anais**. Salvador, 2008.

DALAGNOL, R.; BIRMA, L. S.; MATEUS, P.; RODRIGUEZ, D. A.. Assessment of climate change impacts on water resources of the Purus Basin in the southwestern Amazon. **Acta Amazônica**, v.47, n.3, p.213-226, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1590/1809-4392201601993>

DALMAGRO, H. J.; MUNHOZ, K. C. A.; RASERA, M. F. F. L.; SALIMON, C. I.; KRUSCHE, A. V.; UMETSU, C. A.; ROSA, R. D.; UMETSU, R. K.; ALMEIDA, L. G.; SANTOS, V. A.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S.. Dinâmica do carbono inorgânico dissolvido nos rios Teles Pires e Cristalino na bacia Amazônica. **Ciência e Natura**, v.29, n.2, p.115-127, 2007. DOI: <http://doi.org/10.5902/2179460X9880>

ELETRONORTE. Construtora Andrade Gutierrez; Furnas Centrais Elétricas. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Usina Hidrelétrica Colíder**. Brasília: EPE, 2009.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. LEME – CONCREMAT. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Usina Hidrelétrica São Manoel**. Brasília: EPE, 2010.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. LEME – CONCREMAT. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Usina Hidrelétrica Teles Pires**. Brasília: EPE, 2010.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. LEME – CONCREMAT. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina**

Hidrelétrica Teles Pires. Brasília: EPE, 2010.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. PCE, BIODINÂMICA.

Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina Hidrelétrica Foz do Apicás. Brasília: EPE, 2010.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina Hidrelétrica São Manoel.** Brasília: EPE, 2011.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Themag Engenharia. **Estudo de Impacto Ambiental (EIA) da Usina Hidrelétrica de Sinop.** Brasília: EPE, 2010.

FEARNSIDE, P. M.. Desenvolvimento Hidrelétrico na Amazônia. In: FEARNSIDE, P. M.. **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras.** Manaus: INPA, 2015a. p.9-34.

FEARNSIDE, P. M.. Emissões de Gases de Efeito Estufa de um Reservatório Hidrelétrico (a Represa de Tucuruí) e suas Implicações para a Política Energética. In: FEARNSIDE, P. M.. **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras.** Manaus: INPA, 2015b. p.75-93.

FONSECA, G. P. S.. **Análise da Poluição Difusa na Bacia do Rio Teles Pires com Técnicas de Geoprocessamento.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

GALLARDO, A. L. C. F.; SILVA, J. C.; GAUDERETO, G. L.; SOZINHO, D. W. F.. A avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na bacia do Rio Teles Pires (região amazônica). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.43, p.22-47, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v43i0.53818>

LACTEC; CEHPAR; Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; Centro de Hidráulica e Hidrologia Prof. Parigot de Souza. **Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade da água superficial na região do**

empreendimento UHE Colíder: Relatório anual. LACTEC, 2012.

LUIZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. O.. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na Bacia Hidrográfica do Rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.13, n.41, p.52-67, 2012. DOI: <http://doi.org/10.14393/RCG134116571>

MOREIRA, K. C. A. M.. **Aspectos da biogeoquímica dos rios Teles Pires e Cristalino – MT.** 2001. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PRADO, J. R. S. P.. **Qualidade da água da bacia do rio Teles Pires na área de influência direta da futura UHE Sinop, MT.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

SERRA, J. P.; OLIVEIRA, A.. **Impactos Ambientais Decorrentes da Construção de Barragens de Usinas Hidrelétricas: reflexões e desdobramentos físico-naturais,** 2020.

SOUZA, R. B.; SOUZA, E. A.. Impactos Socioambientais das políticas do setor elétrico na Bacia do Rio Teles Pires em Sinop/MT. **Revista Equador (UFPI)**, v.9, n.1, p.334-357, 2020.

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.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: UFMG, 1995.

WENZEL, D. A.; ULIANA, E. M.; ALMEIDA, F. T.; SOUZA, A. P.; MENDES, M. A. S. A.; SOUZA, L. G. S.. Características fisiográficas de sub-bacias do Médio e Alto Rio Teles Pires, Mato Grosso. **Revista de Ciências Agroambientais**, v.15, n.2, 2017.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.