

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Avaliação de dados de qualidade de água no período pré e pós o enchimento do reservatório da UHE Colíder, rio Teles Pires, MT.

Ana Carolina Wosiack¹; Ana Carolina Canossa Becker²; Alcides Conte Neto³; Marianne S. França Sieciechowicz⁴; Nicole M. Brassac de Arruda⁵ & Cicero Martins Junior⁶

RESUMO – A construção de usinas hidrelétricas é marcada por eventos bastante significativos, dentre eles destacam-se a formação do lago e o enchimento do reservatório. Durante a formação de reservatórios artificiais, podem ocorrer alterações na qualidade da água devido à submersão dos solos e da vegetação, sendo este um dos principais impactos sobre o ecossistema. Nesse contexto, avaliou-se a qualidade da água do rio Teles Pires antes e após a construção de barramento da UHE Colíder. Dados do monitoramento de qualidade de água na região do empreendimento, cedidos pela concessionária responsável, foram avaliados. Visando avaliar possíveis alterações na característica das águas, entre as fases rio, supressão vegetal e reservatório foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis e o teste da Menor Diferença Significativa (LSD) com o procedimento de correção de Holm-Bonferroni, para as comparações múltiplas. Das variáveis analisadas, as que apresentaram diferenças entre as fases foram: cálcio total, carbono orgânico total (COT), cloreto total, coliformes termotolerantes, coliformes totais, condutividade, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, ortofosfatos, oxigênio dissolvido, profundidade do ponto, disco de Secchi, temperatura, turbidez.

ABSTRACT– The construction of hydroelectric plants is marked by significant events, among them the formation of the lake and the filling of the reservoir. During the formation of artificial reservoirs, changes in water quality may occur due to the submergence of soils and vegetation, which is one of the main impacts on the ecosystem. In this context, the water quality of the Teles Pires river was evaluated before and after the construction of the hydroelectric power plant Colíder. Data from the monitoring of water quality in the region of the project, provided by the responsible concessionaire, were evaluated. The Kruskal-Wallis test and the Least Significant Difference (LSD) test with the Holm-Bonferroni correction procedure were used to evaluate possible changes in the water characteristic, between the river, vegetation suppression and reservoir phases, for the multiple comparisons. Among the analyzed variables, the following variables were analyzed: total calcium, total organic carbon (TOC), total chloride, thermotolerant coliforms, total coliform, conductivity, total phosphorus, nitrate, nitrite, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, orthophosphate, dissolved oxygen, point depth, Secchi disk, temperature, turbidity.

Palavras-Chave – supressão da vegetação, Kruskal-Wallis;

¹ LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; ana.wosiack@lactec.org.br

² LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; ana.becker.lactec@gmail.com

³ LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; alcides.neto@lactec.org.br

⁴ LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; marianne.franca@lactec.org.br

⁵ LACTEC – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento; n.brassac@lactec.org.br

⁶ COPEL – Companhia Paranaense de Energia; cicero.martins@copel.com

INTRODUÇÃO

Com o aumento demográfico no Brasil, a demanda de atividades que requerem o uso da água bem como a necessidade de energia elétrica cresceu (EPE, 2016; IBGE, 2015).

A construção de usinas hidrelétricas é marcada por eventos bastante significativos, dentre eles destacam-se a formação do lago e o enchimento do reservatório. Durante a formação de reservatórios artificiais, podem ocorrer alterações na qualidade da água devido à submersão dos solos e da vegetação, sendo este um dos principais impactos sobre o ecossistema. Isto porque a decomposição do material vegetal submerso na bacia de acumulação resulta em maior consumo de oxigênio e aumento da disponibilidade de macronutrientes. Como consequência, a fertilização excessiva das águas pode resultar no desenvolvimento descontrolado e indesejável de algas e plantas aquáticas.

Para minimizar estes impactos, os ambientes a serem submersos pelas águas represadas podem ser previamente preparados com a remoção total ou parcial da biomassa a ser mineralizada, o que corresponde à redução da produção de substâncias capazes de degradar a qualidade da água. Em meio às operações de minimização dos impactos decorrentes do enchimento, sobretudo na qualidade da água, destaca-se a remoção prévia da biomassa vegetal (nas suas diferentes formas) da área a ser inundada. Além disso, o barramento desses corpos d'água resulta em um grande número de sistemas lacustres, os quais podem apresentar grande instabilidade limnológica (ESTEVEZ, 2011), podendo interferir na dinâmica dos rios e na qualidade da água.

Desta forma, o conhecimento das condições de implantação dos reservatórios é fundamental para a compreensão do mosaico estrutural e funcional desses ecossistemas aquáticos na atualidade (SANTOS et al., 2013).

Neste contexto o presente trabalho visa avaliar modificações nas variáveis de qualidade da água durante as diferentes fases de modificação deste corpo hídrico até seu completo estabelecimento como reservatório.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em todo o mundo, o Brasil é o país que possui o maior potencial hidroelétrico, entretanto pouco mais que 30% é de fato aproveitado em usinas de geração de energia. Cerca de 70% do potencial nacional é representado pela bacia Amazônica, onde apenas 1% é de fato aproveitado, ao passo que na bacia do Paraná 72% do seu potencial hidrelétrico é aproveitado em potência instalada (ANEEL, 2008). As características geográficas do Brasil, com grandes redes hidrológicas justifica termos a segunda maior geração de energia hidrelétrica do mundo. De acordo com o Balanço Energético

Nacional de 2016, a geração de energia elétrica no Brasil é 61,9% hidráulica e, apesar desse percentual ter diminuído ao longo dos anos, o país ainda é fortemente dependente de hidroeletricidade. No contexto internacional, o Brasil só perde para a China em termos de consumo de energia hidráulica, isso se deve ao grande potencial de geração de hidráulica brasileiro (EPE, 2017).

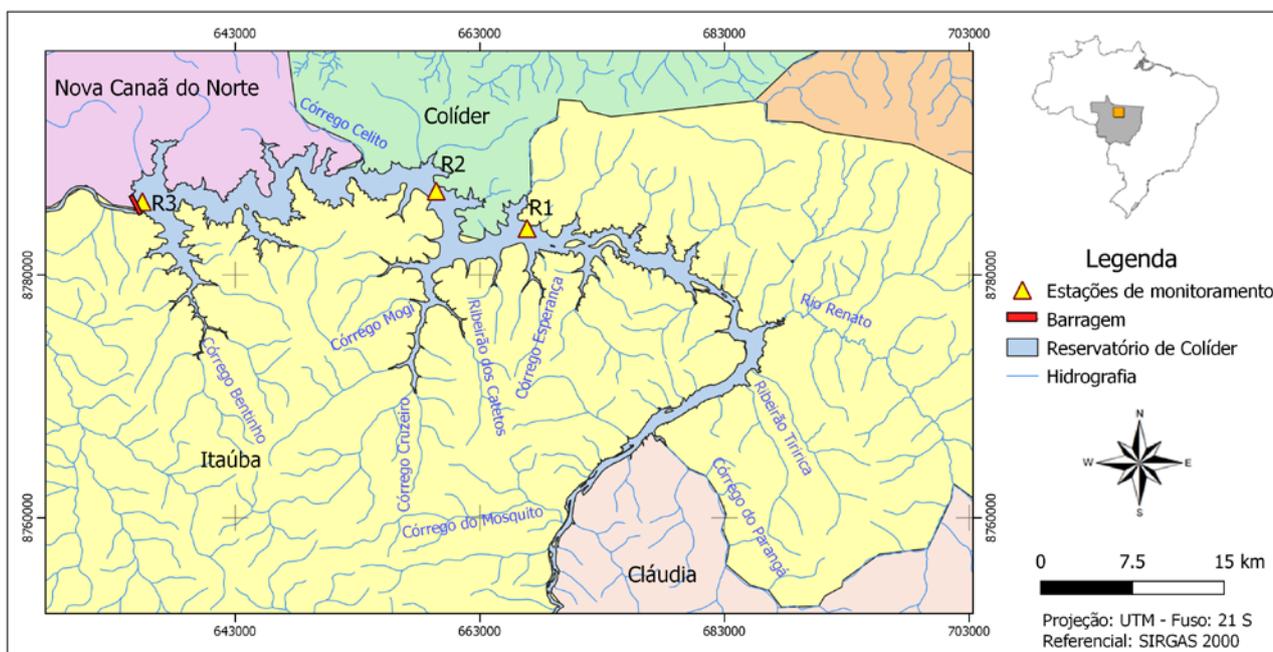
Reservatórios são definidos como lagos artificiais criados por uma barragem bloqueando a trajetória de um rio (CUSHMAN-ROISIN, 2013) e apesar do ônus inerente à construção de barragens, estas represas desempenham um papel fundamental na gestão de recursos hídricos, pois têm a capacidade de atender a diversos usos da água (ANA, 2016).

De acordo com Von Sperling (2005), “a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica”, ou seja, é resultante de atividades antrópicas e fenômenos naturais do local de estudo.

ÁREA DE ESTUDO

O reservatório da UHE Colíder (Figura 1), situado no rio Teles Pires, no estado do Mato Grosso, engloba uma área de 171,7 km² e retém um volume estimado de 1.525 hm³ (LACTEC, 2018). Segundo o mesmo autor, a distância entre o barramento e o remanso é de 94 km e a vida útil do empreendimento é de 150 anos.

Figura 1 - Localização das estações de monitoramento



METODOLOGIA

Foram avaliados dados do monitoramento de qualidade de água realizado pela Companhia Paranaense de Energia (COPEL), gerados entre janeiro/2011 e dezembro/2018, totalizando oito anos de campanhas de monitoramento com frequência trimestral.

Foram analisados dados sub-superficiais de três estações de monitoramento (E5, E7 e E11). A localização das estações de monitoramento consta na Figura 1 e suas coordenadas estão na Tabela 1. O monitoramento da COPEL engloba também outras estações tanto a montante quanto a jusante deste trecho. No entanto, as estações selecionadas objetivaram verificar alterações no ambiente onde ocorreu a formação do reservatório.

Tabela 1 - Descrição e coordenadas das estações de monitoramento

Estação	Descrição	Coordenadas (UTM)	
		E	N
R1	Rio Teles Pires – no reservatório, a jusante da foz do córrego Esperança	666856	8783816
R2	Rio Teles Pires - porção mediana do reservatório	659425	8786902
R3	Rio Teles Pires – próximo a barragem	635396	8786022

A tabela de dados final foi constituída por 77 coletas em cada uma das 3 estações de monitoramento. Ao todo foram mensuradas 29 variáveis entre 17/01/2011 e 06/12/2018, sem distinção entre período seco e chuvoso.

Com o objetivo de avaliar se houve diferenças entre cada fase (rio, supressão vegetal e reservatório) na área de interesse, para cada uma das variáveis foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (função *kruskal* do pacote *agricolae* (Mendiburu, 2017), e o teste da Menor Diferença Significativa (do inglês *Least Significant Difference - LSD*) com o procedimento de correção de Holm-Bonferroni para as comparações múltiplas.

Antes da aplicação do teste, os valores foram padronizados pela média e o desvio-padrão do período a qual pertencem (seco ou chuvoso). Assim, eliminou-se parcialmente o efeito do período, tanto na média, quanto na dispersão dos dados. Destaca-se que, na região, normalmente o período seco ocorre entre abril e setembro e o chuvoso de outubro a março (PERH, 2009).

RESULTADOS

Na análise descritiva dos dados, observou-se que quando da tentativa de diferenciação entre as fases pré e pós enchimento, destacava-se uma terceira fase que não poderia ser ignorada. Essa fase corresponde ao período onde ocorreu supressão vegetal na região do reservatório. Sendo assim, optou-se por separar as fases em: rio (17/01/11 a 27/07/2014), supressão vegetal (28/07/2014 a 16/08/2017) e reservatório (17/08/2017 a 06/12/18).

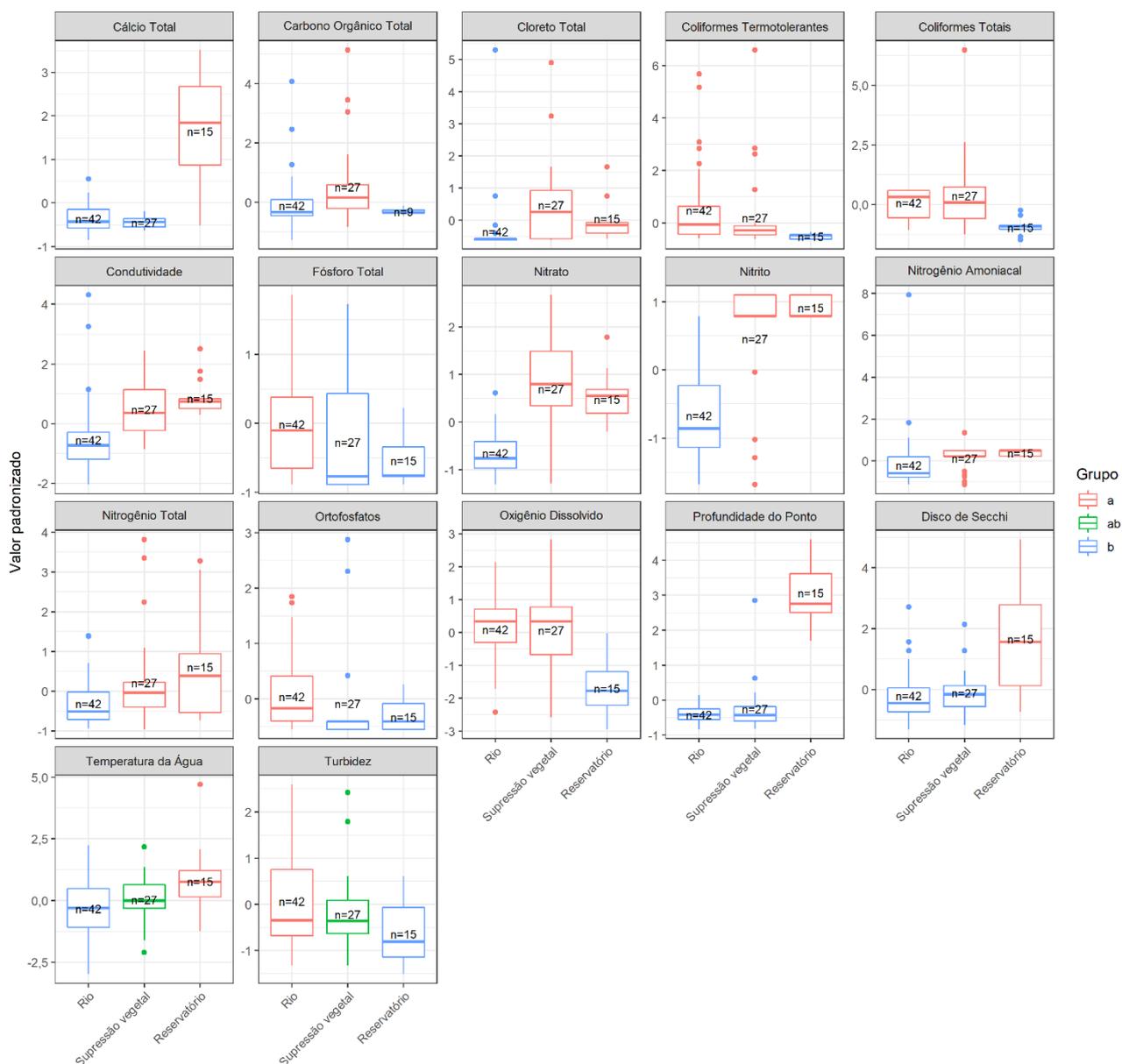
Das 29 variáveis analisadas, seis não apresentaram diferenças entre os períodos analisados (rio, supressão vegetal e reservatório). Foram elas: alcalinidade, clorofila, demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), magnésio, nitrogênio Kjeldhal, pH, potássio, sódio, sólidos suspensos, sólidos totais e sulfato.

As variáveis que apresentaram diferenças entre as fases foram: cálcio, carbono orgânico total (COT), cloreto total, coliformes termotolerantes, coliformes totais, condutividade, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, ortofosfato, oxigênio dissolvido, profundidade do ponto, disco de Secchi, temperatura, turbidez.

Como já comentado anteriormente, neste trabalho serão apresentadas e discutidas as alterações que foram visíveis no compartimento reservatório, uma vez que é neste ambiente que se esperam alterações mais relevantes, em virtude das mudanças hidrodinâmicas na região.

A Figura 2 apresenta na forma de *boxplots* as 17 variáveis que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os períodos pré enchimento (rio), supressão vegetal e pós enchimento (reservatório). As cores do gráfico indicam o grupo, construído com base nas comparações múltiplas, a qual a fase pertence. O grupo “a” é o que tem os maiores valores da variável. Já o grupo “b” possui os menores valores, ficando assim o grupo “ab” como intermediário. Do ponto de vista do teste de comparações múltiplas (comparações duas a duas), as fases que pertencem ao grupo “ab” não diferem estatisticamente das fases pertencentes ao grupo “a” e nem do grupo “b”.

Figura 2 - Variáveis de qualidade de água que apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as fases rio, supressão vegetal e reservatório.



As variáveis cálcio total, profundidade do ponto de coleta e disco de Secchi, apresentaram comportamento muito semelhante, com aumento evidente das medianas na fase reservatório, o que fez com que esta fase fosse mais distinta das demais para estas variáveis. Tanto a profundidade do ponto como a profundidade de disco de Secchi já eram variáveis que, pelo próprio aumento da cota máxima do reservatório se esperava diferenciação estatística. Vale salientar que segundo CARVALHO (1994) os reservatórios, de maneira geral, apesar de suas diferenças físicas e dos impactos sofridos, podem ser considerados uma bacia retentora de partículas.

As variáveis que apresentaram diminuição das medianas na fase reservatório, quando comparada às demais fases foram coliformes termotolerantes, coliformes totais e oxigênio dissolvido. Para os coliformes, a região de montante, que não é apresentada neste trabalho, também apresentou diminuição dos valores na fase reservatório. Sendo assim, há indícios de que a diminuição de aporte

doméstico na fase reservatório seja justificada pela baixa contribuição da região de montante e não pelo enchimento do reservatório.

Para a variável oxigênio dissolvido esta diminuição num primeiro momento é esperada, pois o reservatório está passando por uma fase de estabilização. Segundo TUNDISI & TUNDISI (2008), ao se construir um reservatório, o aumento da concentração de matéria orgânica causado pela inundação de grandes massas de vegetação faz com que os níveis de oxigênio dissolvido diminuam de forma rápida e drástica.

As variáveis que apresentaram comportamento diferenciado na fase rio e similares na fase de supressão vegetal e reservatório foram cloreto, condutividade, além série de nitrogênio (nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e nitrogênio total). FIGUEIREDO (2007) observou em seu trabalho aumento dos compostos nitrogenados na fase de estabilização, principalmente devido aos processos de mineralização da matéria orgânica refratária.

Para a variável carbono orgânico total, a fase que se diferenciou entre as demais foi a fase de supressão vegetal, onde ocorreu a maior mediana. Esta situação corrobora o diagnóstico já apresentado, pois, com as atividades relacionadas à supressão vegetal pode ocorrer maior aporte de material vegetal oriundo principalmente de solos, galhos e folhas.

As variáveis que apresentaram maiores medianas na fase rio foram o fósforo total e o ortofosfato. Esta diferença entre as fases pode ser explicada pelos processos de decantação dos reservatórios, como comentado acima.

As duas variáveis que apresentaram distinção entre as três fases (rio, supressão vegetal e reservatório) foram a temperatura da água e turbidez. Para a temperatura, os resultados podem relacionar-se com o fato de que já no período de supressão vegetal a cota do reservatório estava mais elevada do que a cota original do rio, diminuindo o fluxo de água. Com o fato de que o fluxo de água se tornou mais lento e o resfriamento das águas pelo processo de turbilhonamento diminuiu, além disso o monitoramento ocorre na camada sub-superficial da água, onde geralmente encontram-se as maiores temperaturas de um reservatório.

Seguindo esta mesma lógica, o processo de sedimentação de material se iniciou nessa fase, diminuindo a turbidez conforme a cota ia se elevando.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com as análises realizadas, foram observadas alterações em relação a algumas variáveis de qualidade de água. Algumas destas alterações se deram principalmente pela mudança no regime hidrodinâmico (ambiente lótico para ambiente lêntico), outras por processos que ocorreram na área do reservatório (supressão vegetal), como foi o caso do COT. A avaliação destas diferentes fases e processos de intervenção se mostrou relevante para o entendimento do comportamento

químico e físico durante o processo de enchimento e estabilização. Vale ressaltar que este estudo foi desenvolvido até dezembro/2018, final do primeiro ano de enchimento, portanto a fase de estabilização pode ainda não estar completa.

Foram verificadas diferenças estatísticas entre três fases distintas para o corpo central do reservatório da UHE Colíder, localizado no rio Teles Pires. As variáveis em que isso ocorreu foram: cálcio, carbono orgânico total (COT), cloreto total, coliformes termotolerantes, coliformes totais, condutividade, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, ortofosfatos, oxigênio dissolvido, profundidade do ponto, disco de Secchi, temperatura e turbidez.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem a Companhia Paranaense de Energia (COPEL) por ter cedido os dados de monitoramento e em especial aos engenheiros Ronaldo Collatusso e Soraia Giordani por prestarem informações valiosas para o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2016*. Brasília: Disponível em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-deconteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informe-conjuntura-2016.pdf>>.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília, 2008.
- CARVALHO, N.O. *Hidrossedimentologia prática*. Rio de Janeiro, CPRM. 1994
- CUSHMAN-ROISIN, B. *Lakes and Reservoirs. Environmental Fluid Mechanics*. p.157–183, 2013. Thayer School of Engineering at Dartmouth College. Disponível em: <<https://thayer.dartmouth.edu/~d30345d/books/EFM/chap16.pdf>>.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica*. EPE, 2016. p. 232
- MENDIBURU, F. de. agricolae: *Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package version 1.2-8. <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>. 2017.
- SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. *Plano Estadual de Recursos Hídricos*. Cuiabá: KCM Editora, 2009. 184p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia. *Síntese de indicadores Sociais Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira*. [s.l: s.n.]. v. 39. 2015.
- LACTEC (2018). *Diagnóstico das condições limnológicas, da qualidade da água superficial e macrófitas aquáticas na região do empreendimento UHE Colíder – Relatório 6 - Ciclo 2016-2017*. 164 p.
- FIGUEIREDO, D.M. *Padrões limnológicos e do fitoplâncton nas fases de enchimento e de estabilização dos reservatórios do APM Manso e AHE Jauru (Estado de Mato Grosso)*. Tese (Doutorado). São Carlos – UFSCar. 2008. 270f.
- SANTOS, J.W.M.C; OLIVEIRA, S.M.L; SOUZA, W.P. *Uso do solo e dinâmica dos nutrientes nas águas do reservatório da hidrelétrica de Manso no estado de Mato Grosso, Brasil*. Ed.Central Confins Revista Franco-

Brasileira de Geografia n18.2013. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/8433>. Acesso dia 18/04/2019.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. v. 1, 3ª ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005. 452 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. *Limnologia*. Rio de Janeiro: Oficina de textos, 2008.