

ALTERAÇÕES NA QUALIDADE DA ÁGUA ASSOCIADAS À PRESENÇA DE VEGETAÇÃO SUBMERSA NO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA LUÍS EDUARDO MAGALHÃES – TO.

Rejane Freitas Benevides¹
Liliana Pena Naval²

Introdução

A matriz energética brasileira possui em sua estrutura uma diversidade de fontes utilizadas. Dentre estas, podem ser citadas o petróleo, o gás natural, energia eólica, energia nuclear, biocombustíveis e a hidroeletricidade. Apesar dessa diversidade de fontes, há no país uma tendência na utilização da hidroeletricidade, a qual é justificada pela grande disponibilidade hídrica existente em território nacional.

Uma preocupação crescente em usinas hidrelétricas está associada aos riscos da ocorrência de impactos sociais e ambientais produzidos por estes empreendimentos. Inúmeras famílias são afetadas, sendo obrigadas a se deslocarem para outras regiões. Além disso, nas áreas diretamente afetadas pode haver perda de biodiversidade de fauna e flora, modificações no microclima local, alterações na qualidade da água, entre outros.

Os riscos de alterações na qualidade da água em reservatórios hidrelétricos são expressivos. Estas podem estar relacionadas à modificação do leito natural do rio, ou seja, transformação do ambiente lótico a lântico, o que pode alterar toda a dinâmica do ambiente aquático. Um fato que pode agravar ainda mais os efeitos do represamento sobre a qualidade da água é a inundação de áreas florestadas, pois a presença de vegetação submersa pode aumentar os riscos da ocorrência de impactos ambientais sobre o curso hídrico.

Exemplos históricos vivenciados pelo país em obras hidrelétricas já demonstraram conseqüências da não remoção de vegetação antes do enchimento de reservatórios. A Usina Hidrelétrica de Balbina (AM) é um exemplo claro da ausência de critérios ambientais em empreendimentos desta natureza, esta é considerada uma obra ineficiente pela grande produção de metano produzido, oriundo da decomposição da massa vegetal submersa. Portanto, estudos que viabilizem este tipo de análise são de grande valia para a prevenção e gerenciamento dos possíveis riscos ambientais.

Segundo Xavier, Dias e Brunkow (2005, p. 296), na fase inicial de enchimento, devido à carga interna gerada pela decomposição da vegetação terrestre alagada “ocorre a liberação de elementos minerais e aumento no consumo de oxigênio dissolvido, podendo ocorrer alterações significativas na qualidade das águas, inclusive com o desenvolvimento de anoxia e anaerobiose”. “Dependendo da densidade e tipo da fitomassa submersa, o *déficit* no balanço do oxigênio pode perdurar por muitos anos, principalmente, na fase de enchimento e durante os primeiros anos de operação” (APRILE; DELITTI; BIANCHINI JR, 1998, p. 493- 494).

Assim, sabendo-se da importância em avaliar as mudanças ocorridas após o represamento de um rio e os possíveis riscos ambientais sofridos pelo sistema, o reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães surge como objeto deste estudo com o objetivo de avaliar a influência da vegetação submersa sobre a qualidade da água, comparando dados da fase rio, enchimento e pós-enchimento, com vistas à gestão de riscos ambientais em empreendimentos hidrelétricos.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em um trecho do Médio Rio Tocantins, no reservatório da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães. A barragem da referida usina está localizada no município de Lajeado e Miracema do Tocantins, a área represada estende-se desde Miracema do Tocantins até Ipueiras, passando pelos municípios de Lajeado, Palmas, Porto Nacional, Brejinho de Nazaré e Ipueiras, estado de Tocantins (TO).

A Figura 01 demonstra a configuração da UHE Luís Eduardo Magalhães no rio Tocantins.

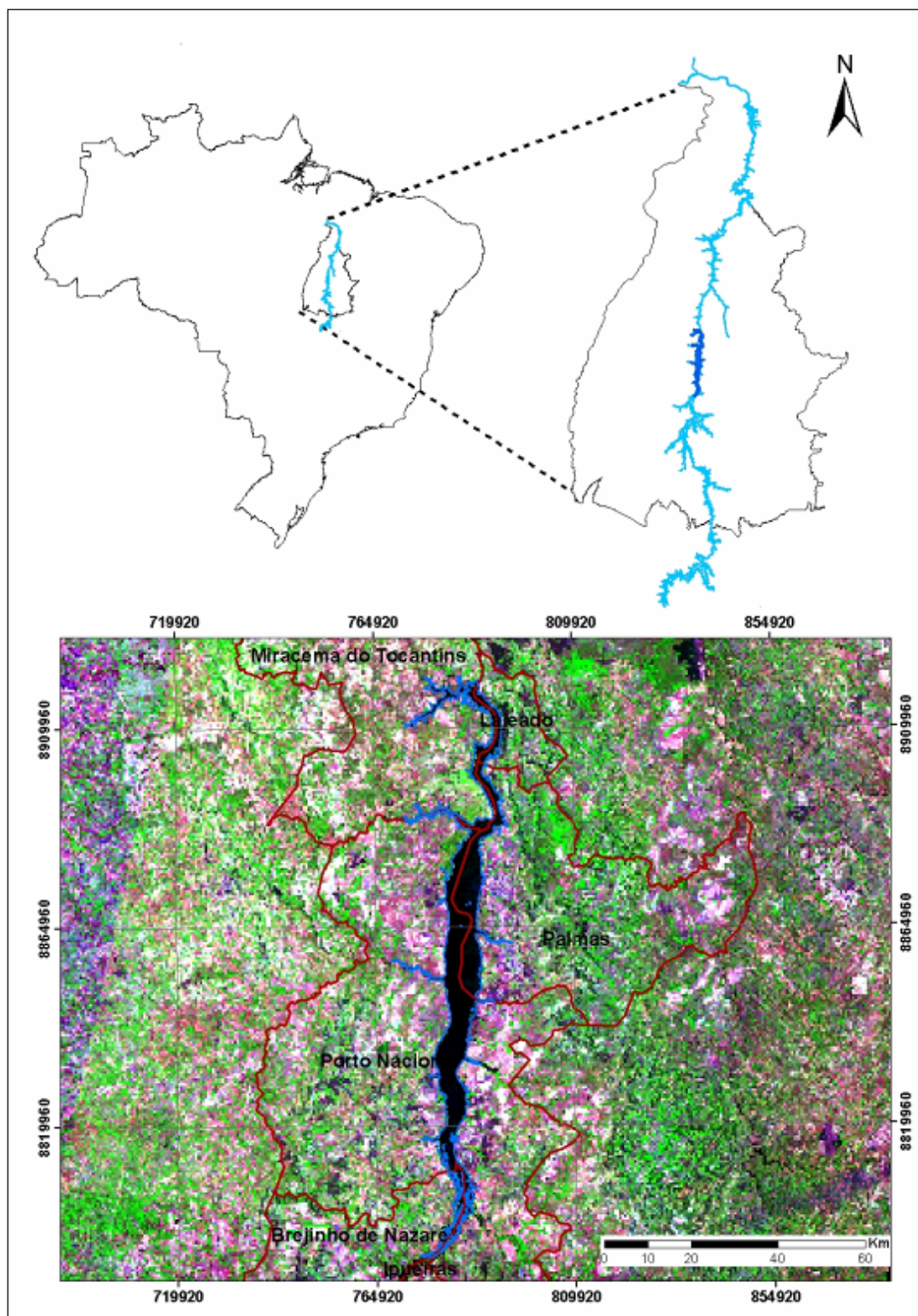


FIGURA 01 - Estado do Tocantins no Brasil (a); UHE Luís Eduardo Magalhães no estado do Tocantins (b); UHE Luís Eduardo Magalhães com destaque para a área inundada (reservatório) (c). Fonte: Tocantins (2002). Organizado por Benevides (2010).

A instalação da Usina de Luis Eduardo Magalhães ocorreu no ano de 1998, com a emissão da Licença de Instalação. O enchimento do reservatório iniciou-se em setembro de 2001, com encerramento em fevereiro de 2002. Segundo Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda (THEMAG, 2003, p. 4), empresa responsável pelos estudos ambientais da UHE Luis Eduardo Magalhães, “o reservatório possui extensão de 172 Km e uma área de aproximadamente 626,00 Km², com capacidade de gerar até 902,50 MW de energia elétrica”.

Quantificação das áreas com vegetação nativa submersas

Foi realizado um mapeamento do uso e cobertura do solo na área abrangida pelo reservatório com intuito de confirmar a existência de vegetação submersa nos pontos de monitoramento de qualidade da água. O referido mapeamento permitiu identificar áreas onde a vegetação foi removida antes do enchimento e áreas nas quais a vegetação foi mantida, ou seja, submersas com a construção do mesmo.

Para a realização do mapeamento foram utilizadas as cenas 222/067 e 222/068 de imagens do satélite *Landsat 5 TM*, sensor CCD, referentes aos anos de 1998, 2001 e 2002 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as quais foram processadas através do *software ENVI* versão 4.3. A seleção das imagens foi estabelecida atendendo a qualidade e o baixo nível de cobertura por nuvens, priorizando sempre datas de passagem semelhantes e/ou próximas.

Após processadas, as imagens foram registradas a partir de imagens bases (cenas 222/067 e 222/068 relativas ao ano de 2002), sendo posteriormente realizado o mosaico das mesmas. Trabalhos estes também efetuados no *software ENVI* versão 4.3, aplicando-se uma transformação polinomial de primeiro grau.

A delimitação da área abrangida pelo reservatório foi realizada a partir da interpretação visual dos recortes das imagens de satélites na escala de 1:50.000, as quais foram editadas no software *ARCGIS 9.2*. Inicialmente, foi realizada a delimitação da calha do Rio Tocantins antes do enchimento do reservatório (1998), em seguida foi delimitada a área inundada pelo mesmo no ano de 2002. Posteriormente, a área da calha do rio fora subtraída da área do reservatório, gerando, assim, o quantitativo da área total inundada.

Com intuito de quantificar as áreas com vegetação nativa encobertas pelo reservatório, foi realizada a classificação dos usos por meio do software *ARCGIS 9.2*, utilizando a ferramenta *ArcToolBox* presente no mesmo. Para tanto, aplicou-se uma classificação não supervisionada. Dessa forma, foi possível identificar três classes, sendo: a) uso, b) cobertura vegetal e c) massa d'água. Após identificação dessas classes, as mesmas foram quantificadas, gerando, desse modo, o quantitativo de áreas com cobertura vegetal submersa pelo reservatório.

Qualidade da água

Os dados referentes à qualidade da água do Rio Tocantins e do reservatório da UHE – Luís Eduardo Magalhães, são procedentes do monitoramento realizado pelo Instituto Internacional de Gerenciamento Ambiental (IIEGA), departamento responsável pela execução do Plano Básico Ambiental (PBA) – 09, referente ao monitoramento limnológico do reservatório.

O presente trabalho utilizou registros referentes aos anos de 2000, 2001, 2002 e 2003. A escolha dos anos amostrados englobou dados de diferentes fases da área afetada, sendo: a) fase rio (2000 e parte de 2001), b) fase de enchimento (final de 2001 e início de 2002), e c) fase pós-enchimento (2002 e 2003).

O trabalho também avaliou a influência da sazonalidade sobre os parâmetros de qualidade da água com o intuito de verificar se as alterações ocorridas na qualidade estavam relacionadas aos efeitos do represamento ou da própria dinâmica do ambiente durante as estações do ano. Para tanto, dividiram-se os meses em estação seca e estação chuvosa (Quadro 01), sendo consideradas para todos os anos (2000 a 2003) as coletas realizadas de julho a dezembro.

Ano	Características	Estação seca	Estação chuvosa
2000	Fase Rio	Julho Agosto Setembro	Outubro Novembro Dezembro
2001	Fase Rio (jan. – ago.)/Fase Enchimento (set. – dez.)		
2002	Fase Reservatório		
2003	Fase Reservatório		

Quadro 01. Metodologia empregada para análise dos dados de qualidade da água. Organizado por Benevides (2010).

Foram considerados 06 pontos amostrais, sendo sua escolha baseada no mapeamento das áreas nativas submersas, priorizando-se áreas com características semelhantes (presença ou ausência de vegetação) para posterior agrupamento. Os pontos amostrais foram agrupados obedecendo ao seguinte: a) áreas onde ocorreram o desmatamento antes do enchimento do reservatório (desmatadas) e b) áreas onde a vegetação foi mantida (não desmatadas), conforme Quadro 02.

Áreas Desmatadas	Áreas não desmatadas	Anos amostrados
P1 - Rio Tocantins/Porto Nacional	P2 - Ribeirão Água Suja/TO-050	2000, 2001, 2002 e 2003
P4 - Rio Tocantins/Palmas	P3 - Ribeirão dos Mangues	2000, 2001, 2002 e 2003
P6 - Rio Lajeado	P5 - Ribeirão Santa Luzia	2000, 2001, 2002 e 2003

Quadro 02. Pontos amostrados e anos de amostragem. Organizado por BENEVIDES (2010).

Destaca-se que os pontos indicados neste estudo como áreas desmatadas (P1, P4 e P6) e não desmatadas (P2, P3 e P5) foram escolhidos de acordo com os documentos apensados ao PBA 07 referente ao Desmatamento e Limpeza da Área do

Reservatório, conforme Themag (1998, p. 353 e 354), os quais foram confirmados durante a delimitação das áreas nativas submersas realizadas neste trabalho.

No Quadro 03 estão expostos os pontos amostrados e suas respectivas coordenadas geográficas.

Pontos	Localidade	Posição geográfica
P1	Rio Tocantins – Porto Nacional	22L - 0781792 (E) e 8816052 (N)
P2	Ribeirão Água Suja – TO-050	22L - 0784612 (E) e 8836892 (N)
P3	Ribeirão dos Mangues	22L - 0780370 (E) e 8852940 (N)
P4	Rio Tocantins - Palmas	22L - 0783617 (E) e 8875716 (N)
P5	Ribeirão Santa Luzia	22L - 0782645 (E) e 8890392 (N)
P6	Rio Lajeado	22L - 0786367 (E) e 8918866 (N)

Quadro 03. Pontos de coleta e respectivas coordenadas geográficas. Organizado por Benevides (2010).

Parâmetros analisados

No Quadro 04 estão descritos os parâmetros físico, químicos e biológicos analisados e as respectivas técnicas, adotadas pelo Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental (IIEGA, 2004, p. 21- 22).

Parâmetros	Técnica	Equipamentos
Temperatura da água (°C)	Medida direta	Horiba U-23 e Sonda YSI
Oxigênio dissolvido (mg/L)	Medida direta	Horiba U-23 e Sonda YSI
DBO ₅ (mg/L)	Medida direta	Oxímetro
pH	Medida direta	Horiba U-23 e Sonda YSI
Sólidos Totais em Suspensão (mg/L)	Gravimetria	Mulfla
Condutividade elétrica µS/cm	Medida direta	Horiba U-23 e Sonda YSI
Nitrogênio Total (mg/L)	Espectofotometria	Espectofotômetro
Fósforo Total (mg/L)	Espectofotometria	Espectofotômetro
Clorofila – a (µg/L)	Colorimetria	Extração com acetona

Quadro 04. Parâmetros analisados e respectivos métodos. Fonte: IIEGA, (2004, p. 21- 22). Organizado por Benevides (2010).

Análise dos dados

Os registros de qualidade da água foram tratados a partir de análises estatísticas para uma melhor interpretação dos resultados. Portanto, utilizou-se a análise de variância, sendo os dados comparados pelo teste de Turkey, a 5% de probabilidade. Este permitiu testar os contrastes entre as médias dos diferentes pontos amostrados. Vale ressaltar que os dados foram transformados em escala logarítmica, conforme exigência do método em situações de grandes variabilidades.

A análise considerou os seguintes desdobramentos: pontos desmatados x pontos não desmatados; pontos desmatados x pontos não desmatados x ano; pontos desmatados x pontos não desmatados x estação x ano. Adotaram-se tais desdobramentos com o intuito de verificar a existência de diferenças significativas dos pontos analisados na situação de desmatado e não desmatado ao longo dos anos e durante as estações seca e chuvosa, ou seja, verificar a quais fatores as variações na qualidade da água estariam relacionadas.

Resultados e Discussão

Quantificação das áreas com vegetação nativa submersas

Os resultados encontrados indicam que a área afetada diretamente pelo empreendimento possuía até o ano de 1998, ano de emissão da licença de instalação, aproximadamente 40,5% de áreas nativas (303 Km²). No ano de 2001, três meses antes do enchimento do reservatório, observou-se que cerca de 8% da vegetação nativa foi retirada, sendo inundadas cerca de 32 % de vegetação, ou seja, 242 Km².

Segundo Themag (1998, p. 353-354), algumas regiões localizadas ao longo de “tributários foram consideradas áreas prioritárias para serem preservadas como habitat e fonte de recursos (alimentação, abrigo, reprodução) da fauna aquática e semi-aquática”, nos quais a vegetação foi mantida, sendo eles: Ribeirão São João, Ribeirão Água Suja, Rio Areias, Ribeirão dos Mares, Ribeirão Santa Luzia, Córrego Capivara, Ribeirão dos Mangues, Córrego Carmo, Córrego Matança e Córrego Conceição.

Vale ressaltar que em algumas das áreas citadas acima foram realizados o monitoramento da qualidade da água na fase rio, enchimento e pós-enchimento (Ribeirão Santa Luzia; Ribeirão dos Mangues e Rio Água Suja), as quais são objetos de estudo do presente trabalho.

Pontos de monitoramento limnológicos não desmatados

As Figuras 02, 03, 04 representam as áreas onde foi realizado o monitoramento de qualidade da água, nas quais a vegetação foi mantida. A vegetação existente no Ribeirão Água Suja, no Ribeirão Mangues e Ribeirão Santa Luzia foram mantidas integralmente durante a implantação da UHE Luís Eduardo Magalhães, não sendo observado mudanças em relação ao uso e cobertura do solo ao longo dos anos estudados.

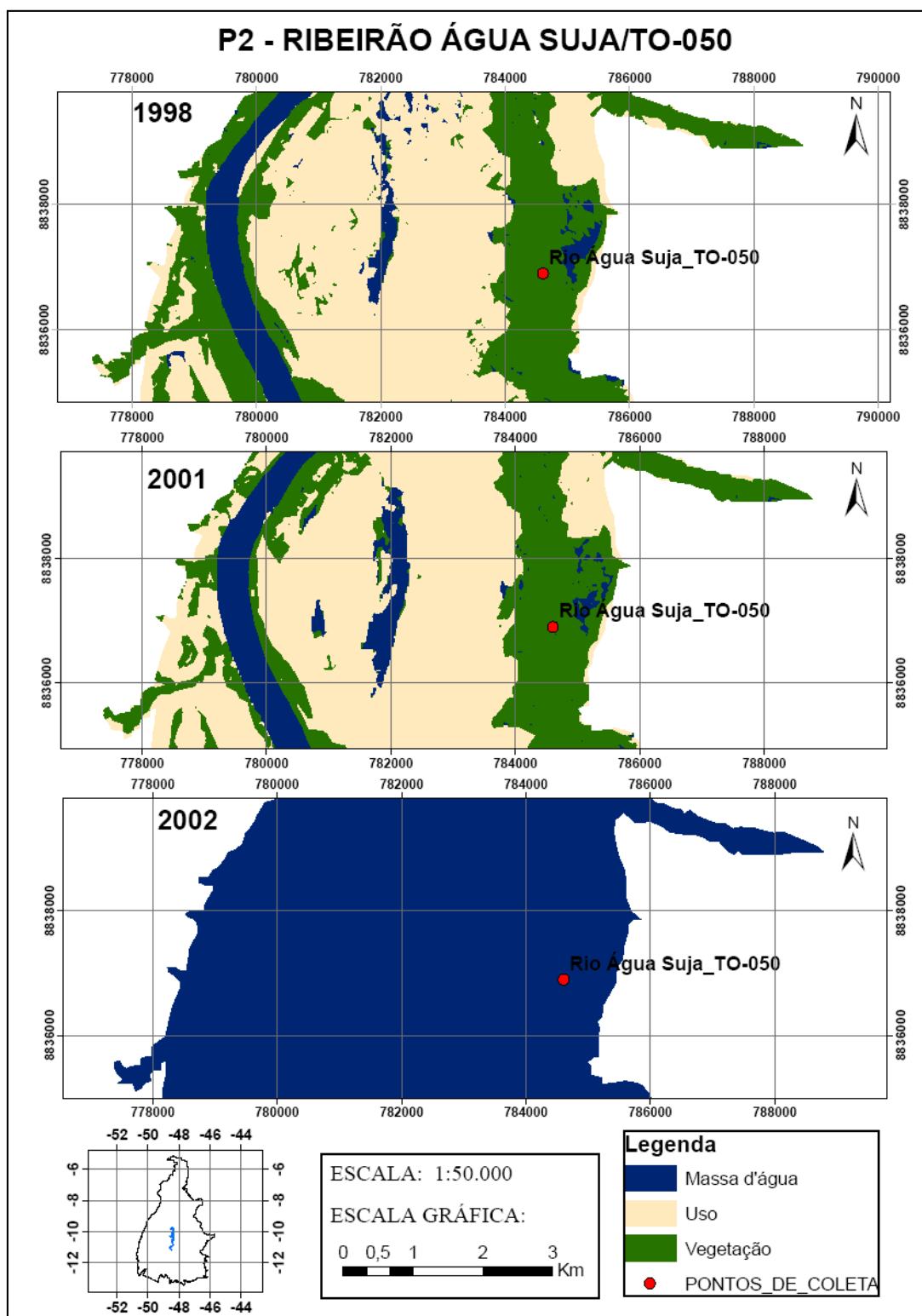


Figura 02: Ribeirão Água Suja, ponto de monitoramento de qualidade da água não desmatado. Organizado por Benevides (2010).

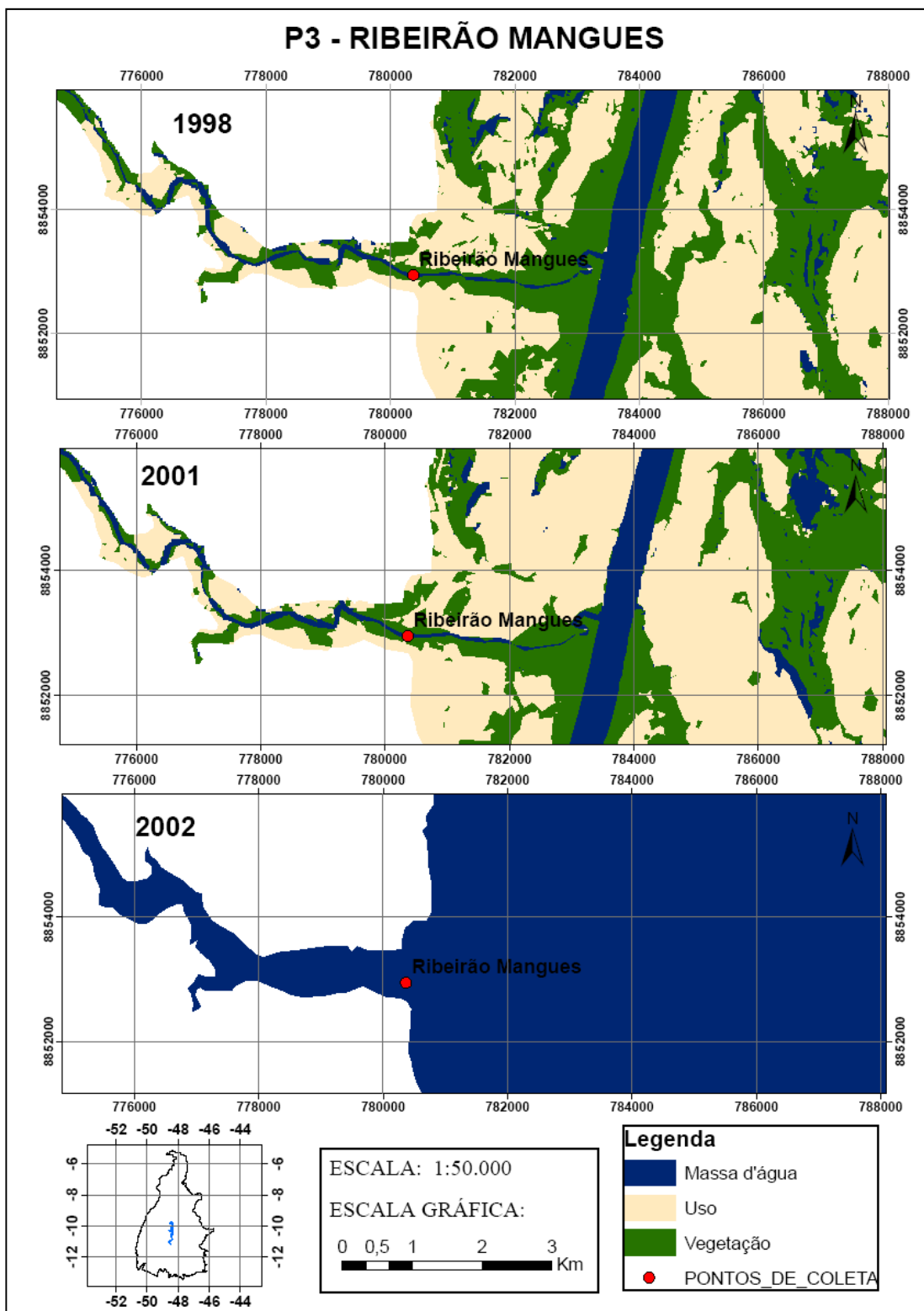


Figura 03: Ribeirão Mangues, ponto de monitoramento de qualidade da água não desmatado. Organizado por Benevides (2010).

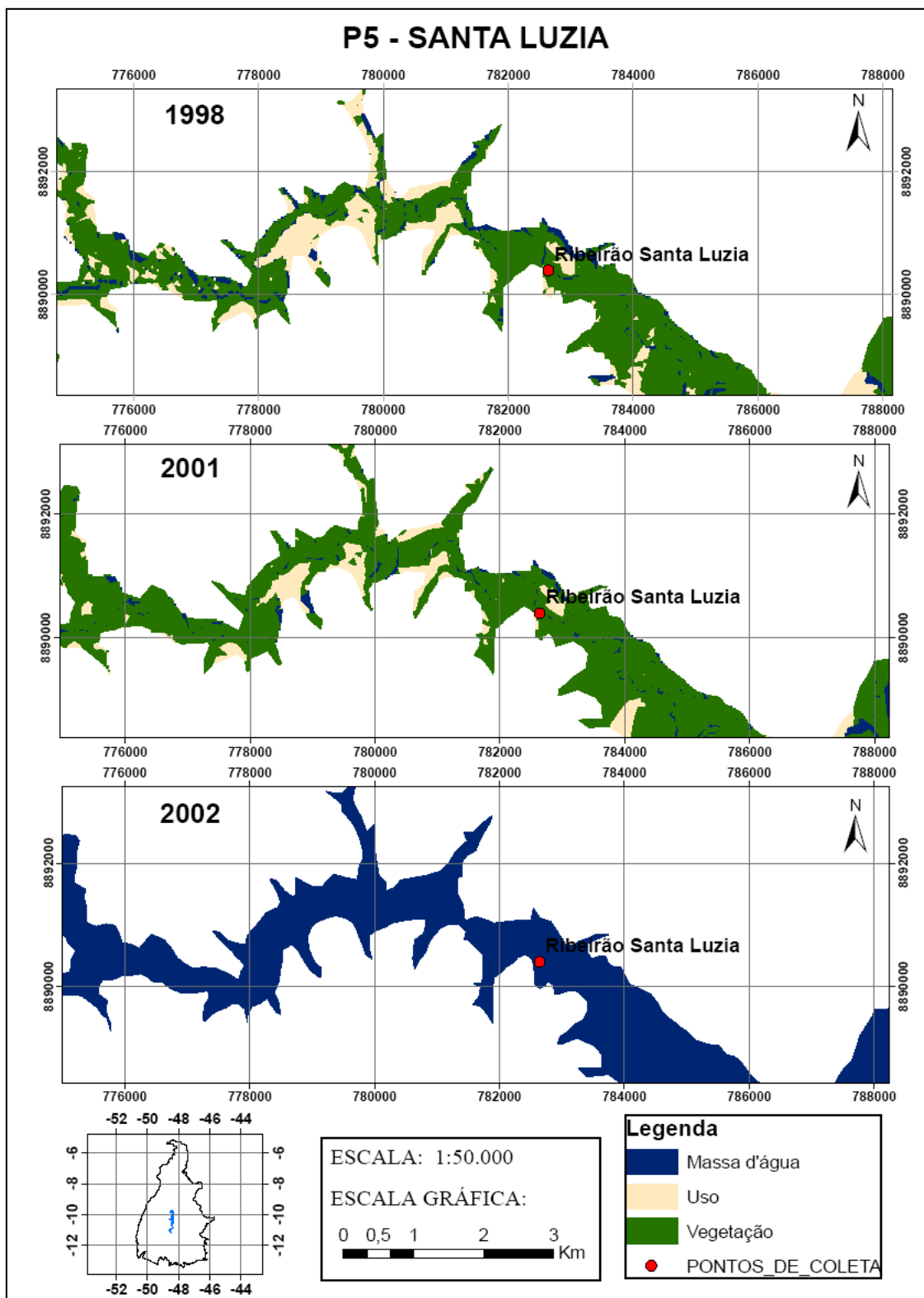


Figura 04: Ribeirão Santa Luzia, ponto de monitoramento de qualidade da água não desmatado. Organizado por Benevides (2010).

Pontos de monitoramento limnológicos desmatados

As Figuras 05, 06, 07 representam as áreas onde foi realizado o monitoramento de qualidade da água, nas quais a vegetação foi removida. Como pode ser observado nas figuras o uso e a cobertura do solo passou por alterações ao longo dos anos, indicando uma supressão significativa de vegetação.

Vale ressaltar que o mapeamento realizado neste trabalho permitiu identificar a remoção de aproximadamente 8% de vegetação nativa ao longo de toda a área afetada pelo reservatório entre os anos de 1998 e 2001.

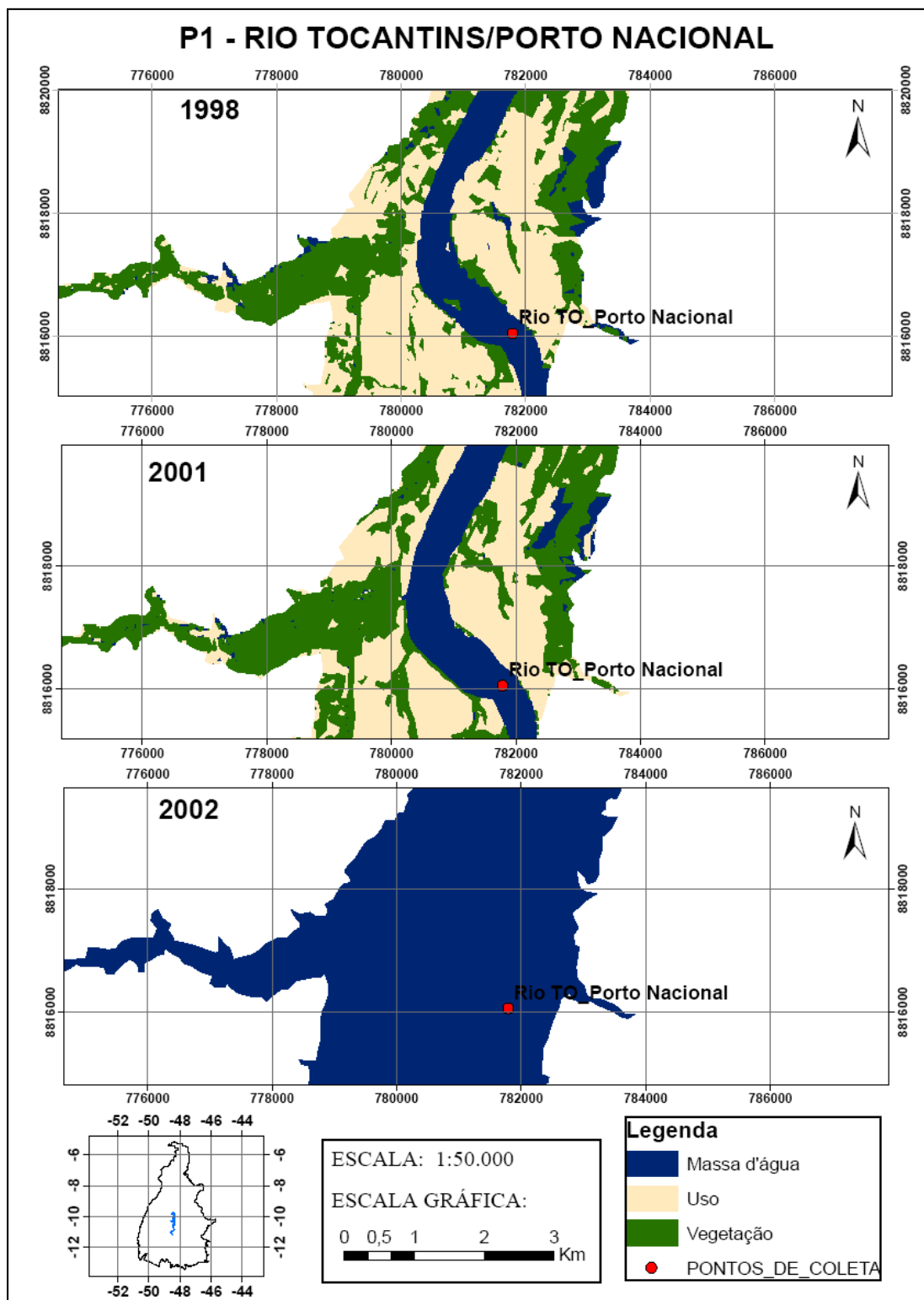


Figura 05: Rio TO/Porto Nacional, ponto de monitoramento de qualidade da água desmatado. Organizado por Benevides (2010).

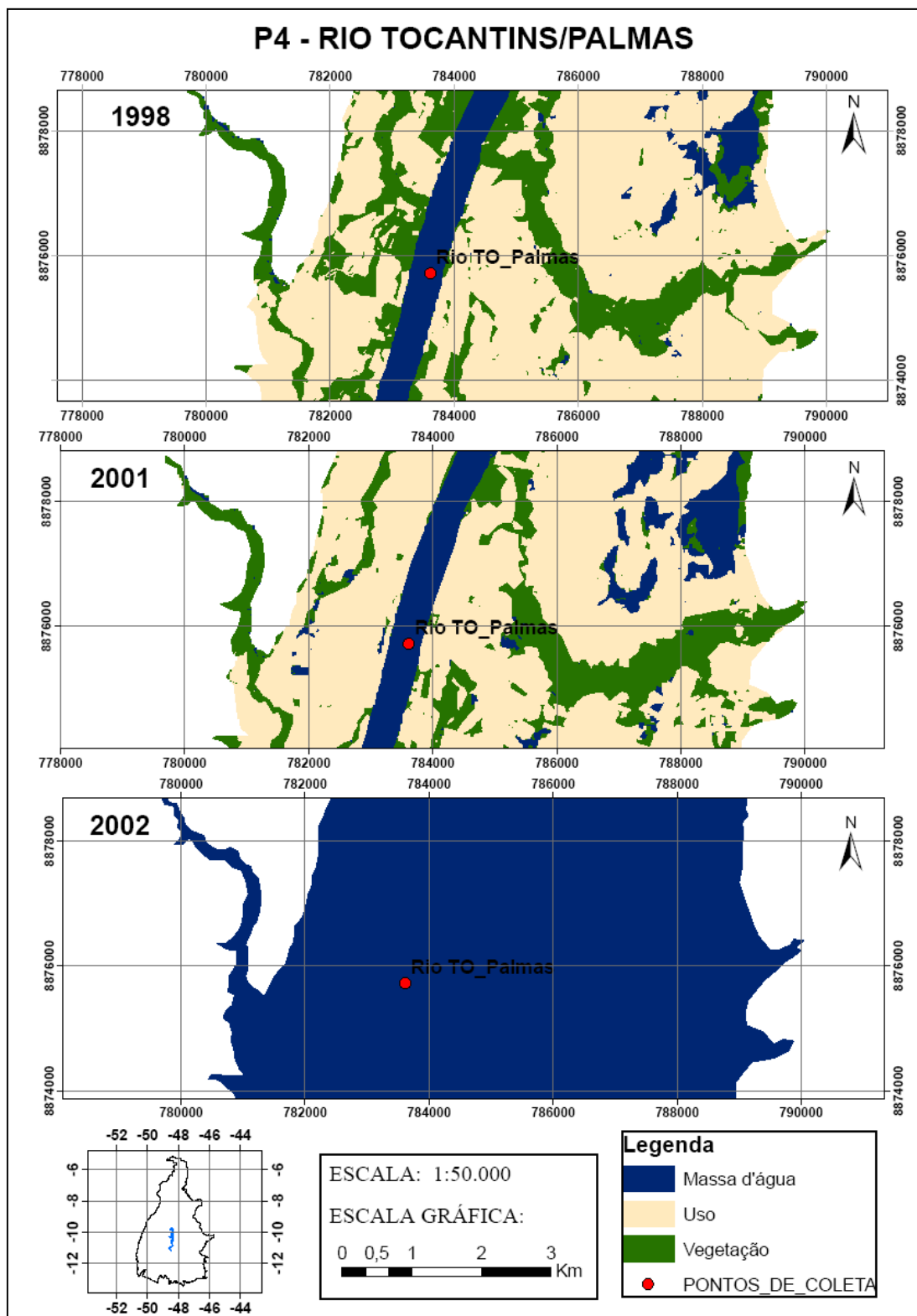


Figura 06: Rio Tocantins, Palmas, ponto de monitoramento de qualidade da água desmatado. Organizado por Benevides (2010).

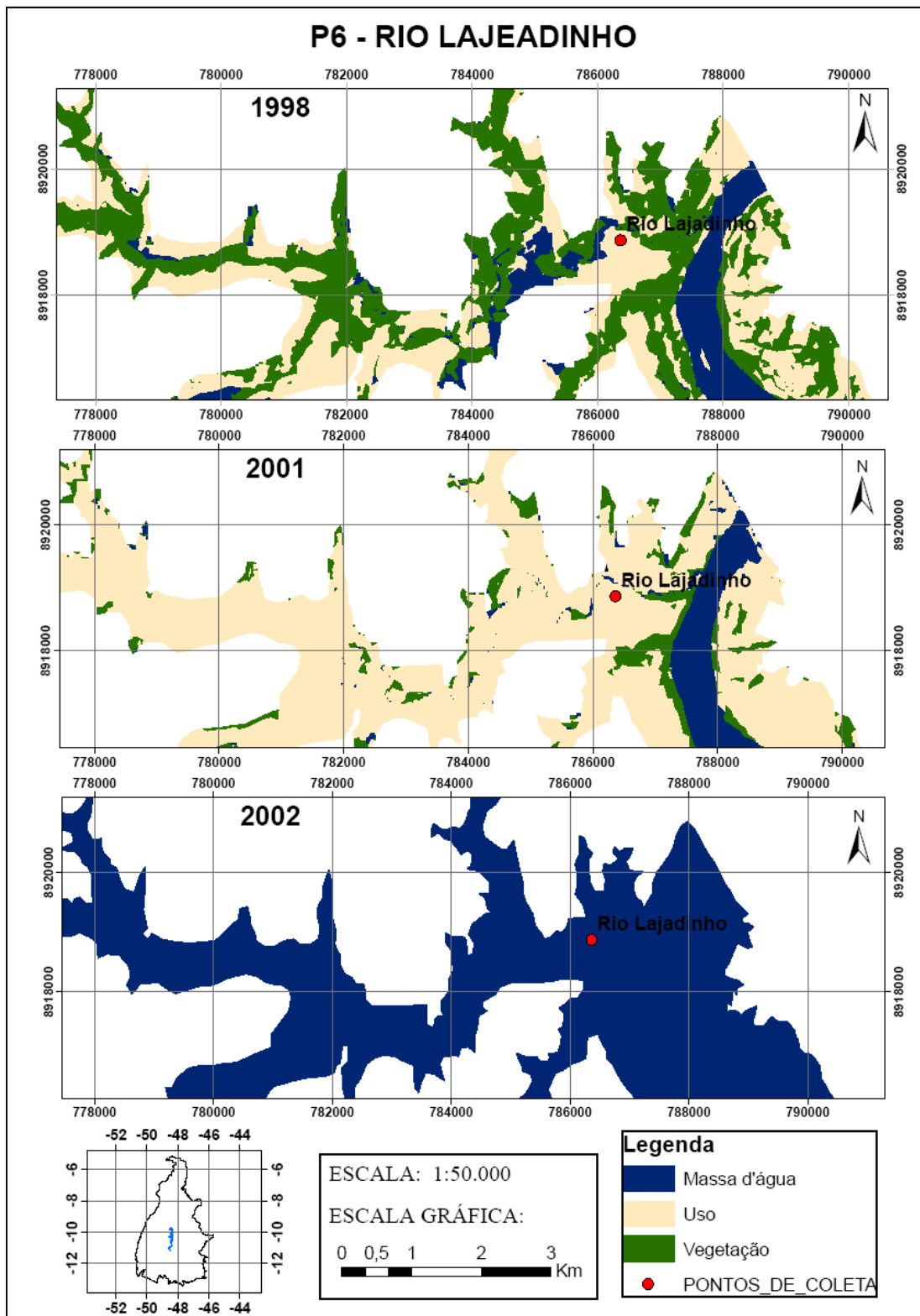


Figura 07: Rio Lajeado, ponto de monitoramento de qualidade da água desmatado. Organizado por Benevides (2010).

Qualidade da Água

A Tabela 01 demonstra os resultados obtidos na análise estatística para os parâmetros de qualidade da água estudados para a situação de desmatado e não desmatado ao longo dos anos de 2000, 2001, 2002 e 2003.

Como pode ser observado na Tabela 01 os únicos parâmetros que não apresentaram diferenças estatísticas ao longo dos anos foram o oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os demais apresentaram-se diferentes estatisticamente, principalmente, após o enchimento do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, como no caso da temperatura, condutividade, fósforo total, pH e clorofila -a que tiveram um acréscimo, principalmente, a partir de 2002. Para os sólidos suspensos totais (SST) registraram-se valores mais elevados na fase rio comparados com fase de reservatório, o que poderá estar relacionado com a dinâmica do novo ambiente criado, ou seja, formação de um ambiente lântico, favorecendo a deposição de sedimento no fundo do reservatório.

Tabela 01. Resultado da análise estatística considerando a variável ano para os parâmetros de qualidade da água.

Ano	T (°C) da água	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	Nitrogênio Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	pH	Clorofila-a (µg/L)
2000	26,88 B	7,63 B	1,18 B	22,34 A	35,58 B	0,365 C	0,0423 A	6,87 B	1,311 B
2001	27,02 B	7,02 B	1,36 B	10,67 B	28,25 B	1,875 A	0,0151 B	6,93 B	1,369 B
2002	29,25 A	7,35 B	1,13 B	2,32 C	85,66 A	0,706 B	0,0135 B	7,36 B	4,796 A
2003	29,09 A	7,59 B	1,02 B	1,74 C	81,25 A	0,543 BC	0,0121 B	7,88 A	1,269 B
CV(%)	2,31	7,57	38,94	62,11	21,8	33,81	57,78	5,79	41,12

* Médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Turkey.

Fonte: Dados adquiridos a partir da análise estatística utilizando registros de monitoramento limnológico.

Na Tabela 02 estão descritos os resultados obtidos a partir da análise estatística para os parâmetros de qualidade da água estudados para a situação de desmatado e não desmatado durante as estações seca e chuvosa ao longo dos anos de 2000, 2001, 2002 e 2003.

Quando se faz uma análise da existência de alterações sobre a qualidade da água nas estações seca e chuvosa nos diferentes anos, para a condição de desmatado e não desmatado percebe-se que cada parâmetro tem um comportamento específico, sendo observado, em alguns casos, como: temperatura, sólidos suspensos totais (SST) e condutividade diferenças estatísticas tanto entre estações seca e chuvosa como para a condição de desmatado. Os demais parâmetros apesar de terem apresentados diferenças entre os critérios analisados, mantiveram-se iguais estatisticamente. Os gráficos a seguir explicitarão o comportamento de cada parâmetro para as diferentes situações estudadas.

Tabela 02. Resultado da análise estatística considerando a variável ano dentro de cada nível de desmatado e não desmatado e estação seca e chuvosa.

Ano	Estação	Situação	T (°C) da água	OD (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	Condutividade (µS/cm)	Nitrogênio Total (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	pH	Clorofila-a (µg/L)
2000	Seca	D	27,01 B	8,15 B	1,43 A	6,84 B	54,55 A	0,251 B	0,014 B	6,44 B	2,15 B
		ND	26,03 B	7,52 B	0,69 B	4,41 B	17,33 B	0,098 B	0,019 B	7,34 B	1,52 B
	Chuva	D	27,97 A	7,63 B	1,12 B	60,19A	46,22 B	0,444 B	0,054 B	7,01 B	1,09 B
		ND	26,53 B	7,21 B	1,49 B	17,92B	24,22 B	0,666 B	0,081 B	6,67 B	0,47 B
2001	Seca	D	27,16 A	7,61 B	0,88 B	6,92 B	39,94 A	1,898 B	0,015 B	7,44 A	1,91 B
		ND	25,54 B	6,65 B	1,21 B	4,47 B	13,67 B	1,766 B	0,012 B	6,34 B	0,95 B
	Chuva	D	29,25 A	7,18 B	1,68 B	11,31B	39,13 A	1,762 B	0,014 B	7,30 B	1,59 B
		ND	26,13 B	6,65 B	1,65 B	19,99B	20,26 B	2,074 B	0,018 B	6,66 B	1,00 B
2002	Seca	D	28,34 B	8,51 A	1,35 B	2,49 B	87,22 B	0,933 B	0,012 B	7,28 B	5,35 B
		ND	28,94 B	7,05 B	1,64 B	2,17 B	85,33 B	0,544 B	0,012 B	7,25 B	4,87 B
	Chuva	D	29,87 B	7,05 B	0,71 B	2,80 B	86,55 B	0,570 B	0,004 B	7,53 B	4,13 B
		ND	29,86 B	6,79 B	0,82 B	1,84 B	83,55 B	0,778 B	0,024 B	7,37 B	4,82 B
2003	Seca	D	28,06 B	7,34 B	0,74 B	1,81 B	86,88 B	0,680 A	0,012 B	8,28 B	0,51 B
		ND	28,50 B	6,76 B	1,67 A	1,81 B	74,22 B	0,315 B	0,012 B	8,15 B	0,59 B
	Chuva	D	29,76 B	8,13 B	0,68 B	1,99 B	86,66 B	0,751 A	0,011 B	7,59 B	1,81 B
		ND	30,05 B	7,75 B	1,00 B	1,37 B	77,22 B	0,425 B	0,012 B	7,50 B	2,15 B

* Médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste de Turkey; ** Análise do desdobramento de ANO dentro de cada nível de desmatado e não desmatado na estação seca e chuvosa; *** D = desmatado e DN = não desmatado.

Fonte: Dados adquiridos a partir da análise estatística utilizando registros de monitoramento limnológico.

- ***Temperatura da água***

A análise de variância e o teste de Turkey realizados para os valores de temperatura da água durante os anos mostram que este parâmetro sofreu um acréscimo, indicando que os dois primeiros anos (2000 e 2001) diferem estatisticamente dos anos de 2002 e 2003, sendo verificado um aumento de mais de 2 °C na temperatura da água o que pode estar relacionado com as mudanças ocorridas no curso hídrico. Em 2000 foram registrados valores médios anuais de 26,88 °C, diferentemente, de 2002, no qual foi observada uma temperatura média anual de 29,25 °C. Assim, se deduz que o novo ambiente criado pela formação do reservatório teve uma contribuição direta para este parâmetro. É importante mencionar que nos dois primeiros anos tem-se a situação de um ambiente lótico e nos dois últimos um ambiente lêntico. Conforme Fahey e Langhammer (2005, p. 417), “o represamento da água pode mudar a temperatura do ambiente aquático tanto à montante quanto à jusante”.

Quando se faz uma análise entre estações seca e chuvosa, conforme pode ser visualizado na Tabela 02 e representado no Gráfico 01, observa-se que a estação chuvosa apresentou valores mais elevados de temperatura em todos os anos, sendo verificado nos pontos não desmatados maiores temperaturas após o enchimento do reservatório comparado aos pontos desmatados. Cabe ressaltar que no ano de 2003, durante a estação chuvosa, foram registrados valores médios para os não desmatados de 30,05 °C e para os desmatados de 29,76 °C, os quais podem ter correlação com a maior disponibilidade de matéria orgânica no corpo hídrico.

Kikuchi (2005, p. 33) encontrou condições similares no comportamento da temperatura da água, percebendo que as variações dos valores deste parâmetro estiveram concordantes com os períodos sazonais, que registrou valores maiores na estação chuvosa tanto para a água de superfície como para a água de fundo.

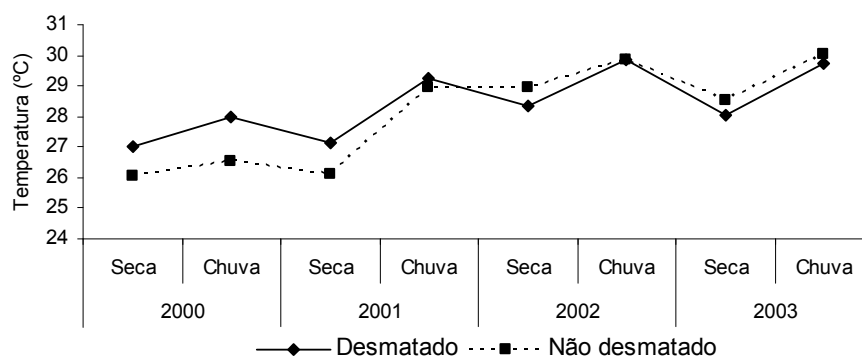


Gráfico 01. Comportamento da temperatura na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Oxigênio Dissolvido – OD

O oxigênio dissolvido apresentou maiores concentrações na estação seca, exceto para o ano de 2003, que na estação chuvosa observa-se uma maior concentração comparada a estação seca (Tabela 02). Ao longo dos anos este parâmetro não demonstrou diferenças estatísticas, mantendo-se em uma concentração aceitável pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 para a classe 2 (BRASIL, 2005). É possível observar uma ligeira redução da concentração deste no ano de 2001 (7,02 mg/L), fase de enchimento do reservatório.

Marques (2006, p. 106) ao estudar a diversidade fitoplanctônica no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães obteve concentrações médias de oxigênio dissolvido de 7,32 mg/L, percebendo que o referido reservatório apresentou-se bem oxigenado no epilímnio durante os períodos avaliados.

Quando se faz uma análise entre os pontos desmatados e não desmatados, observa-se que para os pontos desmatados têm-se concentrações maiores de oxigênio dissolvido durante todos os anos comparado com os não desmatados, embora essa diferença seja mínima. Vale ressaltar que para o ano de 2002 foram observadas diferenças estatísticas na estação seca para a condição de desmatado e não desmatado, sendo registrado para o primeiro concentrações médias de OD 8,52

mg\L e para o segundo 7,05 mg\L, os quais podem estar relacionados com a presença de vegetação submersa (Tabela 02).

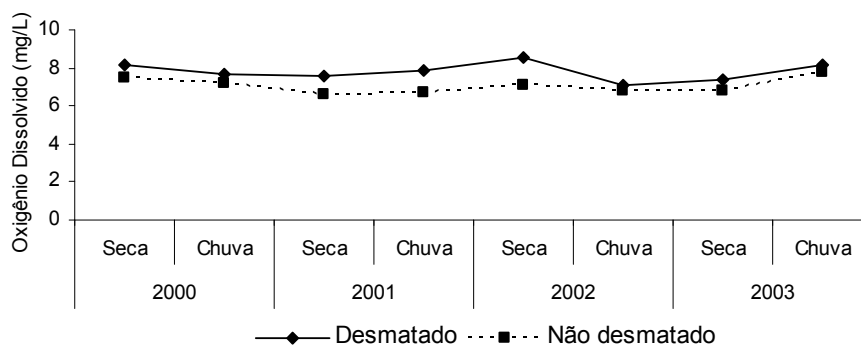


Gráfico 02. Comportamento do oxigênio dissolvido na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

No caso da demanda bioquímica de oxigênio a análise não detectou diferenças estatísticas do mesmo, ao longo dos anos, no entanto observa-se no ano de 2001 maiores demandas por oxigênio. Já entre as estações, pode-se notar que para todos os anos, exceto 2001, os valores de DBO₅ foram maiores para o período seco, sendo verificado para os pontos não desmatados maiores concentrações desse parâmetro comparado com pontos desmatados (Tabela 02). Cabe mencionar que os meses considerados para o presente trabalho como chuvoso são: outubro, novembro e dezembro, sendo em 2001 os meses em que o reservatório encontrava-se em fase de enchimento, assim é possível correlacionar a situação explicitada acima com o enchimento do reservatório.

No ano de 2003 foram observadas diferenças estatísticas entre os pontos desmatados e não desmatados na estação seca, sendo observado valores de 0,74 mg\L para o primeiro e 1,67 mg\L para o segundo.

Fazendo um comparativo de DBO_5 e OD observa-se que as concentrações registradas para ambos apresentam correlações, onde o decaimento de um parâmetro implica no aumento do outro, o que favorece a validação dos resultados.

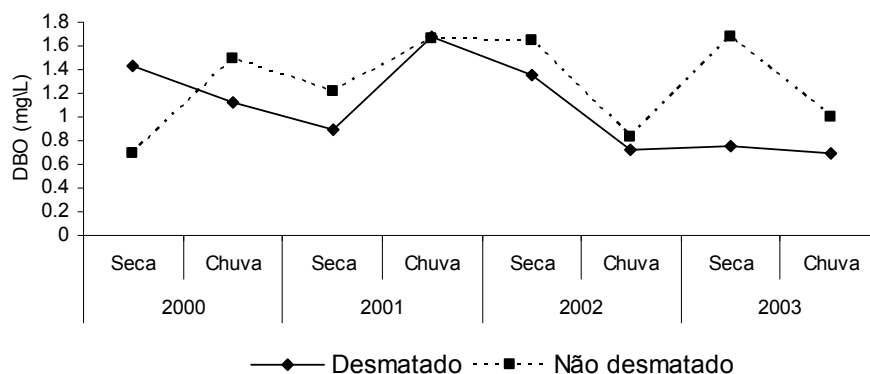


Gráfico 03. Comportamento da DBO_5 , na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Sólidos Suspensos Totais – SST

Os valores de sólidos suspensos totais apresentaram-se diferentes estatisticamente ao longo dos anos, sendo verificado no ano de 2000 concentrações de partículas mais elevadas (22,34 mg/L) comparados com 2003, onde registrou-se valores de 1,74 mg/L. O decaimento anual deste parâmetro tornou-se evidente partir de 2002, conforme Tabela 01. Este fato pode ser explicado pela mudança de um ambiente lótico para lântico. “Com represamento de um rio o fluxo de sedimentos é alterado favorecendo a deposição deste no fundo do reservatório” (SOUSA, 2000, p 10; JUNK e MELLO, 1990, p. 132).

Durante a estação chuvosa, nota-se para os anos de 2000 e 2001 maiores concentrações desse parâmetro, já para os anos de 2002 e 2003, registraram-se concentrações mais elevadas no período seco, isto indica, na primeira situação, que o suprimento de sólidos suspensos está condicionado a sazonalidade, ou seja, influência direta do carreamento de sedimentos para o corpo hídrico. Como pode ser observado na Tabela 02, no ano de 2000 a concentração média de sólidos

suspensos totais teve um pico para a condição de desmatado de 60,195 mg/L na estação chuvosa, já para a estação seca do mesmo ano, este se manteve em uma média de 17,92 mg/L, para os quais a análise estatística indicou diferenças, confirmando assim, os efeitos da sazonalidade. Para a segunda situação observa-se que a variável sazonalidade não têm influência significativa sobre esse parâmetro, provavelmente, nesta condição os efeitos do represamento passam a prevalecer.

A concentração de material em suspensão na água encontrada por Kikuchi (2005, p. 35) assemelham-se às obtidas neste trabalho. A autora verificou durante seus estudos que as partículas em suspensão variaram com a sazonalidade, sendo verificados para o período chuvoso maiores concentrações das mesmas, principalmente, na fase de pré-inundação. Após a formação da represa, também percebeu que os resultados deste parâmetro tenderam a uma uniformidade, independentemente da variação sazonal.

Vale ressaltar que no ano de 2001, os pontos não desmatados apresentaram valores maiores de sólidos suspensos, entretanto, para os demais anos os pontos desmatados mantiveram-se com médias acima das encontradas na primeira situação, assim, provavelmente, a retirada da cobertura vegetal pode ter contribuído para o aporte de sedimentos para a água, uma vez que a mesma não está servindo como substrato para a fixação destes sedimentos e enviando-os para o corpo hídrico.

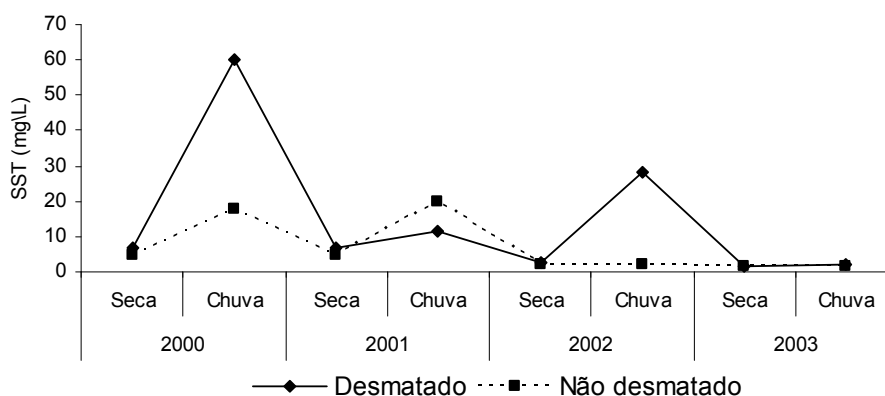


Gráfico 04. Comportamento dos sólidos suspensos totais, na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Condutividade

Como pode ser observado na Tabela 01 os valores de condutividade apresentaram-se estatisticamente diferentes ao longo dos anos, sendo constatado um aumento a partir do ano de 2002, o qual, possivelmente, pode estar relacionado com a maior concentração de sólidos dissolvidos na água após o seu represamento. Salienta-se que nos dois primeiros anos, enquanto rio, os valores são estatisticamente iguais, sendo registrado para 2000 valores médios anuais de 35,58 $\mu\text{S}/\text{cm}$, diferentemente dos dois últimos, onde se tem valores mais elevados em uma situação de reservatório, apresentando no ano de 2002 valores médios de 85,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

No que diz respeito à sazonalidade, não se observa variações significativas entre as estações, entretanto, quando se analisa pontos desmatados e não desmatados, nota-se que os pontos desmatados apresentaram diferenças estatísticas para os anos de 2000 e 2001, tanto na estação seca como chuvosa, tendo o desmatado valores superiores comparados aos não desmatados. Atenta-se que em 2001, na estação chuvosa, registraram-se, para os pontos desmatados, médias de 39,13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e não desmatados 20,26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 02).

A partir de 2002 nota-se uma elevação desse parâmetro chegando a 87,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na estação seca para a condição de não desmatado. Dessa forma, podemos constatar que como no ano de 2000 e parte de 2001 os locais que ainda não tinham sido desmatados, a alteração dos valores ocorreu, provavelmente, devido a características pontuais, podendo até estar relacionada com a sazonalidade, entretanto, não se pode afirmar que a mesma está diretamente influenciada pelo desmatamento ou não desmatamento da área, uma vez que a cobertura vegetal ainda se fazia presente. Já para os anos posteriores, os altos índices de condutividade podem estar relacionados às elevadas concentrações de sólidos dissolvidos presentes na água, oriundos da matéria orgânica submersa.

Tundisi (2006, p. 66) ao estudar os indicadores de qualidade da bacia hidrográfica do Médio Tocantins (TO) observou um valor médio de condutividade de 85 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor este próximo aos encontrados no período de 2002 a 2003. O autor ainda constatou que os pontos situados no canal do reservatório apresentaram valores maiores do que os pontos localizados na desembocadura dos ribeirões e dos afluentes do reservatório. Desse modo, é possível correlacionar os resultados encontrados pelo autor com os dados do presente trabalho, uma vez que os pontos considerados como desmatados encontravam-se mais próximos do canal do reservatório e os não desmatados ao longo de córregos e ribeirões.

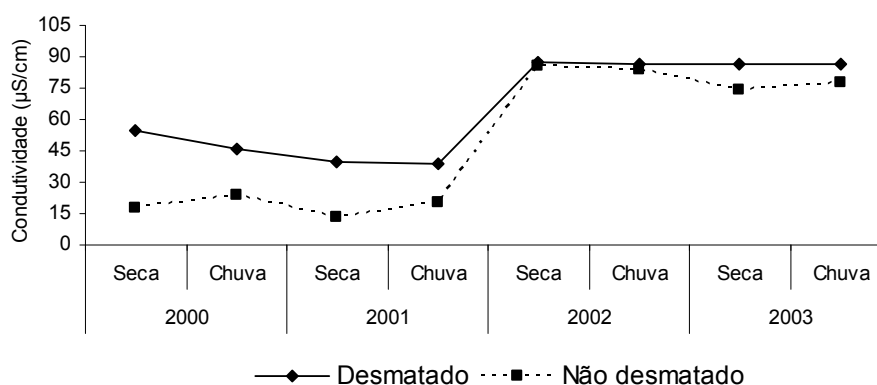


Gráfico 05. Comportamento da condutividade elétrica, na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Nitrogênio Total – NT

Conforme Tabela 01, a concentração de nitrogênio total mostrou-se diferente estatisticamente ao longo dos anos, sendo observado para o ano de 2001 maiores concentrações deste parâmetro, chegando a 1,87 mg/L .

Durante as estações seca e chuvosa não foram observadas mudanças significativas, apesar de a estação chuvosa ter apresentado valores mais elevados que a estação seca. É importante mencionar que em 2001, na estação chuvosa, para a condição de não desmatado, foram registrados para este parâmetro valores

médios de 2,074 mg/L. Ressalta-se que neste período o reservatório encontrava-se em fase de enchimento e, possivelmente, nestes locais a presença de vegetação submersa teve influência direta nos resultados encontrados. Quando se faz uma análise dos pontos desmatados e não desmatados, observa-se que, estatisticamente, durante os anos de 2000, 2001 e 2002 os resultados são iguais, diferentemente do ano de 2003, onde os dados dos pontos desmatados apresentaram diferenças estatísticas comparados aos não desmatados, tendo para os primeiros valores médios de 0,7155 mg/L e para o segundo 0,37 mg/L, conforme apresentado no Gráfico 06.

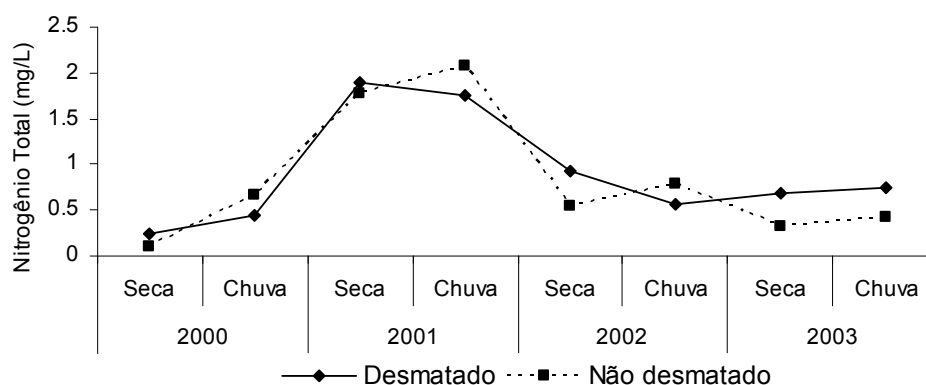


Gráfico 06. Comportamento do nitrogênio total, na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Fósforo Total – PT

De acordo com a Tabela 01, estatisticamente, os valores de fósforo para o ano de 2000 apresentaram diferenças comparados aos demais anos, apresentando um perfil de decaimento ao longo dos períodos avaliados.

Durante as estações seca e chuvosa não se observaram alterações expressivas nos valores de fósforo total, entretanto, nos dois primeiros anos (2000 e 2001), observa-se que na estação chuvosa tem-se uma maior concentração, sendo registrado no ano de 2000, para os pontos não desmatados, concentrações médias

de 0,081 mg/L. Um aspecto importante neste resultados refere-se ao carreamento de sedimentos para o corpo hídrico na estação chuvosa. Já para os dois últimos anos (2002 e 2003), nota-se que entre as estações seca e chuvosa o parâmetro manteve-se praticamente sem variações. Dessa forma, pode-se constatar que no primeiro caso o aporte de fósforo ao rio esteve condicionado a sazonalidade, já nos anos posteriores, o fator sazonalidade não demonstra influências representativas na dinâmica desse nutriente, neste caso os efeitos do represamento prevaleceram. De Fellipo et al. (1999, p. 336), durante estudos no reservatório de Serra da Mesa, observaram que o processo de decomposição da vegetação alagada passou a preponderar na contribuição de fósforo para a coluna d'água.

Quanto à situação de desmatado e não desmatado, estatisticamente, os valores demonstram que os não desmatados foram superiores aos desmatados para todos os anos, apresentando em 2002 uma maior discrepância entre as duas condições, o que pode estar relacionado com a presença de vegetação submersa, conforme apresentado no Gráfico 07.

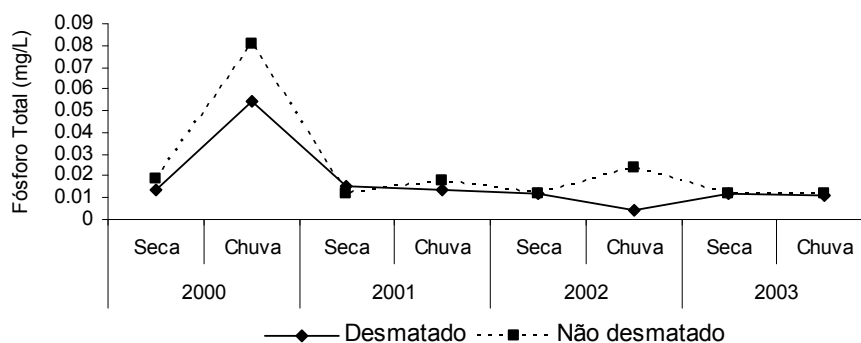


Gráfico 07. Comportamento do fósforo total, na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

pH

Como pode ser observado na Tabela 01 o pH apresentou um crescimento ao longo dos anos, sendo verificado para os anos de 2002 e 2003 valores mais elevados deste parâmetro.

Não foram observadas variações significativas durante as estações seca e chuvosa para os valores de pH. Quando se faz uma análise entre os pontos desmatados e não desmatados, observa-se que não houve grandes variações deste parâmetro.

Kikuchi (2005, p. 26) ao estudar o impacto deste reservatório sobre a comunidade bentônica percebeu grande flutuação do pH entre os pontos analisados, entretanto, ao comparar a água de superfície com a água do fundo percebeu que as mesmas permaneceram com características similares nas diferentes fases de construção da usina, ou seja, pré-inundação, enchimento e represa.

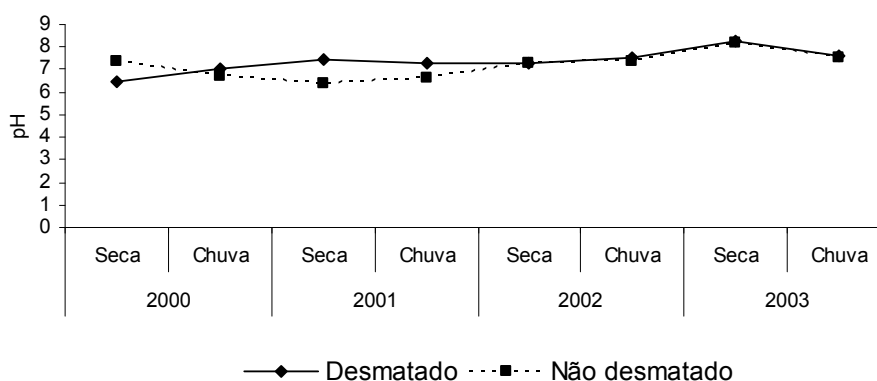


Gráfico 08. Comportamento do pH, na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Clorofila – a

De acordo com a Tabela 01, os dados de clorofila para o ano de 2002 apresentaram-se estatisticamente diferentes comparados aos demais anos, sendo

para o referido ano, observado valores médios de 4,79 µg/L, fato que pode ser explicado pela intensa produtividade primária observada após o represamento do ambiente aquático.

Durante as estações seca e chuvosa, observaram-se para os anos de 2000, 2001 e 2002, maiores concentrações de clorofila - a para o período seco, provavelmente, esse resultado pode ter sido influenciado pela produtividade. Silva (2008, p. 53) ao analisar a qualidade das águas superficiais no reservatório Guarapiranga no estado de São Paulo verificou maiores valores médios de clorofila - a no período de estiagem, podendo perceber que este resultado poderia estar relacionado ao baixo nível d'água na estação seca e a alta concentração de nutrientes, também observados pelo autor.

Para a condição de desmatado e não desmatado não foram visualizadas diferenças estatísticas. Entretanto, como pode ser observado no Gráfico 09, nos anos de 2002 e 2003, os pontos não desmatados apresentaram valores superiores aos demais anos, sendo registrado em 2002 concentrações médias de 4,84 µg/L. Assim, podemos concluir que a vegetação submersa pode ter influenciado nesse acréscimo de concentração.

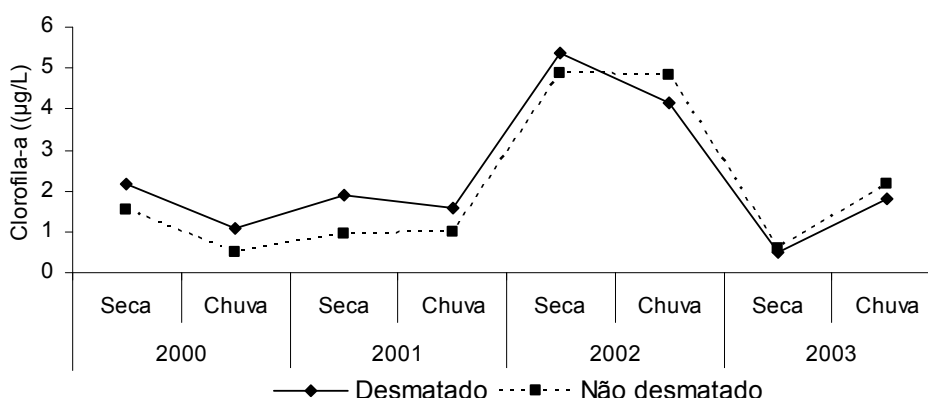


Gráfico 09. Comportamento da clorofila - a, na estação seca e chuvosa, entre os pontos desmatados e não desmatados. Organizado por Benevides (2010).

Conclusões

Ao analisarmos os resultados das comparações entre rios e reservatórios apresentadas no presente trabalho pode-se concluir que, para a maioria das variáveis examinadas, foi encontrada diferença significativa entre o conjunto de dados levantados para os ambientes lóticos e lênticos, dentre estas variáveis podem ser citadas:

- ✓ A temperatura da água, para a qual se constatou um acréscimo de mais de 2 °C;
- ✓ Os sólidos suspensos totais, os quais indicaram uma provável sedimentação do material em suspensão após o represamento da água, sendo verificada uma situação inversa para a condutividade elétrica, a qual teve uma elevação substancial posterior à construção do reservatório;
- ✓ O nitrogênio, o fósforo e a clorofila – a, também apresentaram maiores concentrações no reservatório comparados com a condição de rio;
- ✓ O pH da água que apresentou diferenças estatísticas ao longo dos anos, sendo observado um decaimento do mesmo para a fase de reservatório, com uma tendência à neutralidade e à alcalinidade;
- ✓ Para os sólidos suspensos, nota-se que enquanto rio há predominância da sazonalidade na influência dos resultados, apresentando na estação chuvosa, maiores concentrações de partículas suspensas. Já para a condição de reservatório (2002 e 2003), os efeitos do represamento são determinantes no comportamento deste parâmetro, sendo observada uma sedimentação de partículas ao longo dos anos;
- ✓ O fósforo apresentou durante a fase rio relação direta com a sazonalidade, sendo registrado para a estação chuvosa valores mais acentuados comparados com o período de seca. Após o represamento, observa-se que este se manteve, praticamente, sem variações;
- ✓ Para a clorofila – a, verificou-se durante os anos de 2000, 2001 e 2002 maiores concentrações no período seco, o qual pode ter sido influenciado pela produtividade.

Comparativamente, os pontos desmatados e não desmatados apresentaram variações, tendo a situação de não desmatado, na maioria dos casos, influenciado nos resultados obtidos. A temperatura, o oxigênio dissolvido, a DBO₅ e fósforo total foram as variáveis para as quais se observaram diferenças expressivas, onde observou-se que:

- ✓ Os pontos não desmatados apresentaram valores de temperaturas mais elevadas comparados aos desmatados, sendo registrado em 2003, valores médios de temperatura da água de 30,05 °C para o primeiro caso e 29,76 °C para o segundo;
- ✓ O oxigênio dissolvido para os pontos não desmatados apresentaram concentrações menores durante os anos analisados, conseqüentemente, percebeu-se maiores demandas por oxigênio para os referidos pontos;
- ✓ Estatisticamente, a concentração de fósforo apresentou discrepâncias entre os pontos desmatados e não desmatados tendo este último, apresentado maiores concentrações, o que pode estar relacionado com a presença de vegetação submersa.

Diante do exposto, conclui-se que a presença de vegetação submersa em reservatórios hidrelétricos deverá ser repensada, uma vez que a decomposição da mesma poderá intensificar os impactos ambientais produzidos por tais empreendimentos. No reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães a presença de massa vegetal inundada pode ter influenciado nos resultados apresentados, sendo verificado em alguns casos que os mesmos estiveram relação com a inundação da vegetação. Assim, durante a concepção de projetos de UHEs, estes efeitos deverão ser considerados, de modo que possibilite a prevenção de danos expressivos sobre o ambiente aquático e a gestão dos riscos ambientais oriundos destes empreendimentos.

Referências

APRILE, F. M.; DELITTI, W. B. C.; BIANCHINI JR., I. Proposta de modelo cinético da degradação de laminados de madeiras em ambientes aquático e terrestre. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos (SP), v. 59, n. 3, p. 493-494, 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357** de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para o seu enquadramento.

DE FILIPPO, R. et al. As alterações na qualidade da água durante o enchimento do reservatório de UHE Serra da Mesa - GO. In: HENRY, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999. p. 321-346.

FAHEY, C.; LANGHAMMER, P.F. Impactos das represas na biodiversidade da Mata Atlântica. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Ed). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica e Conservação Internacional, 2005. p. 417- 424.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA E GERENCIAMENTO AMBIENTAL – IIEGA. **Relatório Técnico Final do PBA 09**: Análise global do Projeto de Monitoramento Limnológico do Reservatório de Lajeado (TO), desde a fase rio até a fase lago, compreendendo o período de 1998 a 2003. São Carlos, 2004. p. 21 e 22.

JUNK, J. W.; MELLO, J. A. S. N. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo (SP), n.8, p. 132, janeiro/abril, 1990.

KIKUCHI, R. M. **Impacto da implantação da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães (UHE - Lajeado) no Rio Tocantins, com ênfase na comunidade bentônica**. 127 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, 2005. p. 26, 33, 35 e 93.

MARQUES, A. K. **Análise da diversidade fitoplanctônica no reservatório da Usina Hidroelétrica Luis Eduardo Magalhães, no médio Tocantins- TO**: estrutura da comunidade, flutuações temporais e espaciais. 157 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins (UFT). Palmas, 2006. p. 106.

SILVA, S. C. **Heterogeneidade espacial e qualidade das águas superficiais do reservatório de Guarapiranga (São Paulo – SP – Brasil)**. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências, na Área de Ecologia de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, SP, 2008. p. 53.

SOUSA, W. L. **Impacto ambiental de hidrelétricas**: uma análise comparativa de duas abordagens. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento

Energético) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. p. 10.

THEMAG ENGENHARIA E GERENCIAMENTO LTDA. **PBA 07 – Desmatamento e Limpeza da Área do Reservatório**. Palmas: THEMAG, 1998, p. 353- 354.

THEMAG ENGENHARIA E GERENCIAMENTO LTDA. **Programa Básico Ambiental/PBA Nº. 09 – Monitoramento Limnológico da UHE Luís Eduardo Magalhães. Relatório Anual: 2002**. Palmas: THEMAG, 2003, p. 4.

TOCANTINS. **Base Cartográfica Digital Contínua do Estado do Tocantins**.

Disponível em:

<http://siscom.naturatins.to.gov.br/imagens/imagens/Imagens_Marco_0_2002_UTM_RGB/220_067/>. Acesso em: 13 de janeiro de 2010.

TUNDISI, J. E. M. **Indicadores da qualidade da bacia hidrográfica para gestão integrada dos recursos hídricos. Estudo de caso: Bacia hidrográfica do Médio Tocantins (TO)**. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos (SP), 2006.

XAVIER, C. da F.; DIAS, L. N.; BRUNKOW, R. F. Eutrofização. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados**. Curitiba: Sanepar, 2005. p. 285 – 298.

RESUMO

Objetivou-se avaliar as alterações na qualidade da água associadas à presença de vegetação submersa no reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães – TO. Inicialmente, foi realizada a classificação do uso e cobertura do solo na fase rio e reservatório, através de imagens de satélites Landsat 5 TM dos anos 1998, 2001 e 2002. Posteriormente, foram coletados registros de qualidade da água na fase rio, enchimento e pós-enchimento através da seleção de 06 pontos amostrais, sendo 03 pontos onde ocorreram o desmatamento antes do enchimento do reservatório e 03 pontos onde a vegetação foi mantida. Foi realizada a análise de variância, pelo teste de Turkey, a 5% de probabilidade. Os parâmetros limnológicos analisados foram: Temperatura da água, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Sólidos Suspensos Totais, Condutividade, Nitrogênio Total, Fósforo Total, pH e Clorofila – a. Os resultados permitem afirmar que, comparativamente, nos pontos onde a cobertura vegetal não foi removida, a vegetação submersa influenciou significativamente na dinâmica do corpo hídrico.

Palavras-chave: Rios. Usina Hidrelétrica. Reservatório. Impactos Ambientais. Vegetação submersa. Qualidade da Água.

ABSTRACT

The objective was to evaluate changes in water quality associated with the presence of submerged vegetation in the reservoir of the Dam Luis Eduardo Magalhães – State of Tocantins. The first step was to use the classification of the use and soil cover in river and reservoir stages, using satellite images Landsat 5 TM for the years 1998, 2001 and 2002. Subsequently, the records of water quality were collected in the river phase, filling and post-

filling through the selection of 06 sampling points were 03 points where deforestation occurred prior to the filling of the reservoir and 03 were points where vegetation was retained. Was performed an analysis of variance with Turkey's Test, with a probability of 5%. The limnological parameters were analyzed: Water Temperature, Dissolved Oxygen, Biochemical Oxygen Demand, Total Suspended Solids, Conductivity, Total Nitrogen, Total Phosphorous, pH and chlorophyll - a. The results confirm that, comparatively, at points where vegetation was not removed, the submerged vegetation significantly influenced the dynamics of the water body.

Keywords: Rivers. Hydroelectric Factory. Reservoir. Environmental Impacts. Submerged Vegetation. Water Quality.

Informações sobre os autores:

¹Rejane Freitas Benevides – <http://lattes.cnpq.br/0134922373471682>

Engenheira Ambiental e Mestre em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). É docente do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Campus Paraíso.

Grande Área do Conhecimento: Engenharia; subárea: 3.07.01.00 – 7 Recursos Hídricos

Contato: nanebenevides@yahoo.com.br ou rejane@ifto.edu.br

²Liliana Pena Naval – <http://lattes.cnpq.br/0841602106583587>

Possui doutorado em Engenharia Química - Universidad Complutense de Madrid (1996). É docente da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Controle da Poluição e Saneamento Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: águas residuárias domésticas e qualidade da água. Coordenadora do MINTER em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e vice-coordenadora do mestrado em Ciências do Ambiente. Atualmente é diretora de assuntos internacionais da UFT.

Contato: liliana@uft.edu.br



OLAM - Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil - ISSN: 1982-7784 - está licenciada sob [Licença Creative Commons](#)

Artigo enviado: 25-10-2010

Aceito em: 10-03-2011