



AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO NO LAGO DOS TIGRES, BRITÂNIA, GOIÁS

DOI:10.19177/rgsa.v7e3201898-128

Emmanuel D'Alessandro¹
Ina Nogueira²

RESUMO

O Lago dos Tigres é um ambiente raso pertencente a uma região rural cujos estudos sobre os níveis de trofia são precários. O objetivo foi analisar o Índice de Estado Trófico nos períodos de seca e de chuva e averiguar a importância da diminuição da profundidade neste lago. As amostras foram coletadas em 11 estações (lóticas e lênticas) em áreas preservadas, agrícolas e urbanizadas. As variáveis limnológicas foram estudadas (análises de correlação, de componentes principais-ACP e de regressão linear). O ambiente apresentou-se com redução de 53% da profundidade, tendência a oligotrófico e limitado por fósforo. A ACP mostrou que as condições espaciais e temporais apresentaram diferenças significativas. A seca teve menor profundidade e mais elevados níveis de oxigênio dissolvido e nitrogênio total. A diferença espacial destacou-se nas estações lóticas (turbidez, condutividade elétrica e fósforo).

Palavras-chave: Lago oligotrófico. Limitação por fósforo. Lago rural.

¹ Biólogo pela UFG (2008), Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos (2009), Mestre em Engenharia do Meio Ambiente (2012), Doutor em Ciências Ambientais pela UFG (2017). Atualmente faz pós-doutorado no Instituto de Química da UFG. <https://orcid.org/0000-0003-4294-5793>

E-mail: emmanuel_dalessandro@hotmail.com

² Bióloga, Atualmente é Professora Doutora do Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás (UFG) e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. E-mail: ina.nogueira@yahoo.com

1 INTRODUÇÃO

Os lagos são eventos de curta duração na escala geológica, surgem e desaparecem no decorrer do tempo. Isto está relacionado a vários fatores, dentre os quais os mais importantes são: acúmulo de matéria orgânica no sedimento e deposição de sedimentos transportados por afluentes (ESTEVES, 2011; PALANIAPPAN *et al.*, 2010). Existem vários tipos de lagos quanto a origem, dentre os menos citados encontram-se os lagos de vales bloqueados, que segundo Kalff (2002) origina-se da obstrução de vales de tributários pela deposição de sedimentos durante a inundação a partir do curso principal. Na região do Rio Araguaia, foram registradas por Morais *et al.* (2005) também algumas lagoas com estas características.

O lago dos Tigres é um sistema formado a partir do Rio Água Limpa, que é bloqueado pelo Rio Vermelho (NABOUT e NOGUEIRA, 2007a). No entanto no ano de 2005, ocorreu uma alteração no curso deste rio o que levou a ausência do bloqueio tornando este ambiente com características diferenciadas com alterações morfométricas e tendendo ao lotico (OLIVEIRA, 2012). Tais modificações podem ter promovido o comprometimento da qualidade da água.

Para análise do estado trófico torna-se necessário a avaliação das variáveis ambientais dos ambientes aquáticos que refletem a qualidade da água. Esta avaliação é obtida através das análises físico-químicas, que determinam de modo mais preciso, e explícito, as características da água e, assim, pode-se interpretar o metabolismo aquático.

Dentre os nutrientes dissolvidos na água, o nitrogênio e o fósforo são um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. A importância do nitrogênio deve-se principalmente à participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. Quando presente em baixa concentração pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos e em alta concentração pode promover processos de eutrofização e conseqüentemente florações que ficam mais acentuadas com o processo de aquecimento global (KALFF, 2002; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008; JEPPESEN *et al.*, 2014).

A importância da eutrofização também deve ser dedicada ao fósforo, pois é fundamental no metabolismo dos seres vivos, tais como armazenamento de energia

(ATP) e estruturação da membrana. Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante da produtividade. Além disso, este tem sido apontado como o responsável direto pela eutrofização artificial destes ecossistemas (MACÊDO, 2004). Existe ainda a contribuição dos animais aquáticos que excretam fezes ricas em fosfato e também a interação com a paisagem (PAUL *et al.*, 2012).

Um dos parâmetros mais utilizado na análise da biomassa de um ecossistema aquático é a clorofila *a*. Esta traz uma informação mais rápida do processo de floração em ambientes, porém não permite analisar se o excesso de biomassa é resultado de organismos tóxicos ou não. Segundo Carmouze (1994), a clorofila *a* é um indicativo direto da produtividade. Reynold (2006), comenta que existe correlação entre biomassa, clorofila *a* e disponibilidade de fósforo, sendo esta a base para classificação de corpos d'água de acordo com os níveis de trofia. A produtividade está relacionada com elevados concentrações de nutrientes dos ecossistemas aquáticos com destaque para fósforo, nitrato, amônia, carbono e silicato (ESTEVES, 2011; LOW-DÉCARIE *et al.*, 2014).

Huszar *et al.* (2006), fizeram um estudo da relação entre fósforo e clorofila em 192 sistemas aquáticos (136 lagos e 56 reservatórios) nos sistemas tropicais e temperados. Segundo os autores altas concentrações de clorofila estão correlacionadas positivamente, tanto com as elevadas concentrações de nitrogênio, como de fósforo nos sistema aquáticos tropicais e temperados.

Para a região do Médio Araguaia não existem estudos sobre estado trófico de lagos. Alguns artigos (NABOUT *et al.* 2006; NABOUT e NOGUEIRA 2007a, 2007b) apresentam informações limnológicas, no entanto sem detalhar o estado trófico do ambiente aquático.

Considerando que as características morfométricas, do Lago dos Tigres vem sendo alterada desde 2005, sobretudo com a mudança de curso do principal rio que influenciava a retenção das águas deste lago (OLIVIERA, 2012; VIEIRA *et al.*, 2015), este estudo limnológico visa fazer uma análise do estado trófico no Sistema lago dos Tigres em Britânia (GO), com base em informações de fósforo, clorofila *a* e transparência da água. Além disso, o estudo buscou averiguar a importância da diminuição da profundidade.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

MMA (2006) considera a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia como a segunda maior região brasileira em termos de disponibilidade hídrica apresentando $13.624 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ de vazão média, equivalente a 9,6 % do total do País e uma vazão específica média de $14,84 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Esta bacia hidrográfica abrange uma área de 918.273 km^2 (aproximadamente 11 % do território nacional) incluindo os Estados de Goiás (26,8 %), Tocantins (34,2 %), Pará (20,8 %), Maranhão (3,8 %), Mato Grosso (14,3 %) e o Distrito Federal (0,1 %). Grande parte da bacia hidrográfica situa-se na Região Centro-Oeste. O clima da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia é tropical, com temperatura média anual de 26°C , e dois períodos climáticos bem definidos: o chuvoso, de outubro a abril, com mais de 90 % da precipitação, com a existência de alguns dias secos entre janeiro e fevereiro, formando o chamado veranico; e o seco, de maio a setembro, com baixa umidade relativa do ar.

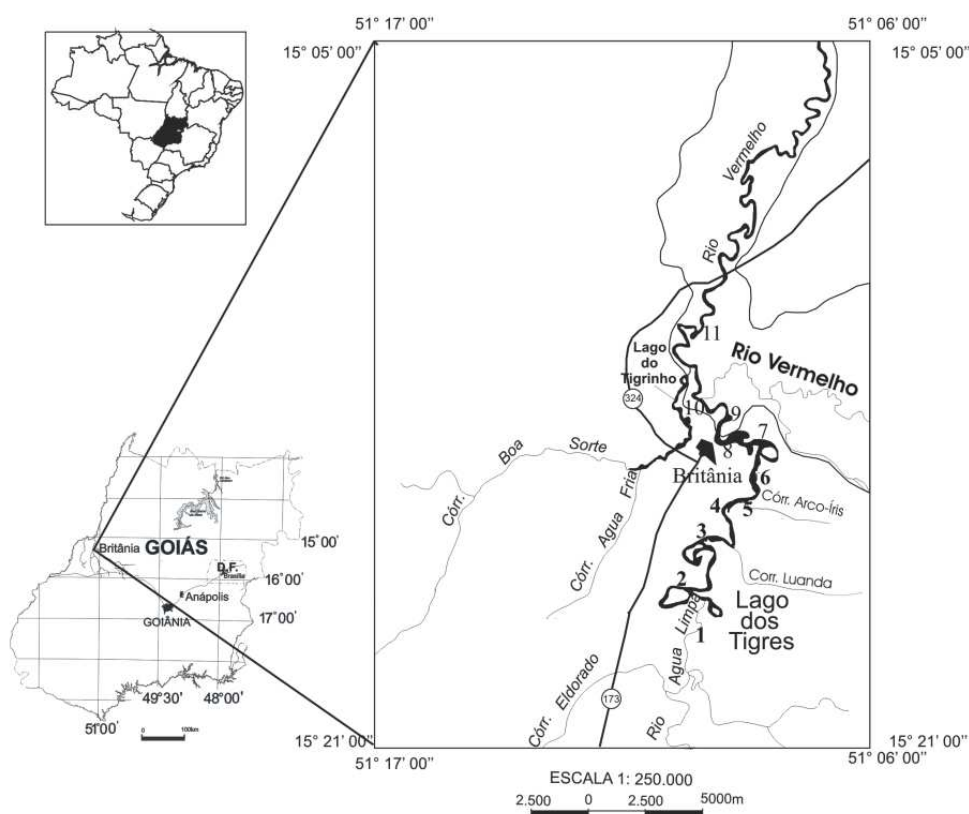
O sistema lago dos Tigres é originado pelo rio Água Limpa no trecho inicial cujo represamento pelo rio Vermelho (Bacia Tocantins-Araguaia) forma uma área lântica denominada lago dos Tigres, que recebe o aporte de dois afluentes: o córrego Arco Íris e córrego Luanda (Figura 1). Este ambiente localiza-se na região Noroeste do Estado de Goiás, município de Britânia (315 km de Goiânia), no vale do Araguaia onde, segundo Galinkin (2002), registram-se as maiores temperaturas do Estado. O lago dos Tigres possui uma extensão de 24,5 km, perímetro de 60,83 km, área de 50 km^2 , largura máxima de 1100 m, e mínima de 17 m, profundidade máxima de 6m e mínima de 1,8 m. A região recebe visitação turística bastante incrementada, principalmente no período de temporada e carnaval. Foram selecionadas 11 estações amostrais, conforme Tabela 1, que são identificadas na Figura 1.

Tabela 1: Informação da latitude, longitude e classificação das estações amostrais do sistema Lago dos Tigres.

Estação	Localização	Latitude	Longitude	Classificação
1	Rio Água Limpa – Faz. Água Limpa	$15^\circ 18' 58'' \text{S}$	$51^\circ 09' 56'' \text{O}$	Lótico
2	Baia Ilha das Perdidas (área preservada)	$15^\circ 17' 57'' \text{S}$	$51^\circ 10' 07'' \text{O}$	Lântico
3	Afluência da foz do córrego Luanda - Fazenda Santo Antônio	$15^\circ 16' 47'' \text{S}$	$51^\circ 09' 44'' \text{O}$	Lântico
4	Retiro da Fazenda Santo Antônio (área impactada pela pecuária)	$15^\circ 16' 17'' \text{S}$	$51^\circ 09' 10'' \text{O}$	Lântico
5	Retiro da Fazenda Santo Antônio (área	$15^\circ 15' 46'' \text{S}$	$51^\circ 08' 41'' \text{O}$	Lântico

	impactada pela pecuária)			
6	Região de circulação da Balsa	15°15'12"S	51°08'33" O	Lêntico
7	Fazenda Lagoa dos Tigres	15°14'17"S	51°08'59" O	Lêntico
8	Cidade de Britânia - monumento do Cristo Redentor (área urbanizada)	15°14'09"S	51°09'27" O	Lêntico
9	Trecho final do Lago dos Tigres – Faz. Lagoa dos Tigres	15°13'43"S	51°09'14" O	Lêntico
10	Foz do lago dos Tigres no Rio Vermelho	15°13'18"S	51°10'06"O	Lótico
11	Afluência do desvio Rio Vermelho	15°11'47"S	51°09'57" O	Lótico

Figura 1: Localização geográfica das estações de amostragens no sistema Lago dos Tigres.



2.2 Amostragem das Variáveis Ambientais

As coletas foram efetuadas mensalmente de julho/2008 a janeiro/2009, representando assim períodos de seca e chuva. A localização geográfica dos pontos de amostragem foi obtida pelo uso do equipamento GPS 38 - Garmin.

As informações morfométricas e hidrológicas dos pontos amostrais foram aferidas *in locu* (área superficial - km²; perímetro - km; comprimento - km e

desenvolvimento do perímetro) e também obtidas na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) enquanto que a precipitação foi obtida na Secretaria de Ciência e Tecnologia (SECTEC), adotando-se a metodologia de Nimer (1989) para distinguir estações de seca e chuvosa. Tanto a CPRM quanto a SECTEC têm estações de dados no lago dos Tigres.

Em cada ponto amostral, foram coletadas amostras e medidas as seguintes variáveis: temperatura da água (Dermistor – Digimed), pH (peagâmetro – Digimed), condutividade elétrica (Conduvívmetro - Digimed), turbidez (Turbidímetro – Digimed), a medição se deu por meio do multianalisador de água (HORIBA, modelo U-21). A transparência da água foi medida com o Disco de Secchi e a profundidade com trena. Para calcular a zona eufótica multiplicou-se por três vezes o valor obtido no disco de Secchi para a média anual da transparência de cada estação, conforme sugerido por Cole (1975). As amostras para análise de nutrientes foram coletadas em frascos de polietileno de 500 mL, fixadas no local com ácido sulfúrico P.A., mantidos sob refrigeração e levados ao laboratório para análise.

A coleta de clorofila foi efetuada em 2L de água bruta, acondicionados em garrafas escuras e em até 8 horas após a coleta foi extraída em filtro milipore AP 15 em microfibra de vidro de 47µm de abertura, por meio de bomba de vácuo Primar (modelo 141) juntamente com o kitasato completo. O procedimento de coleta e processamento laboratorial adotado para estas variáveis, nutrientes e clorofila a (método acetona) encontram-se descritos em APHA (1998).

Ao longo do texto refere-se “estação” com a abreviação “E”. Para a otimização do trabalho as palavras que se referem aos meses foram abreviadas utilizando as três primeiras letras

2.3 Análise Estatística dos Dados

Foram utilizados no cálculo do índice do estado trófico (IET) as equações de Carlson (1977), modificadas para ambientes tropicais por Toledo *et al.* (1983) com os seguintes graus de trofia: Oligotrófico ($IET < 44$), Mesotrófico ($44 < IET < 54$) e Eutrófico ($IET > 54$). Antes da realização do IET foi verificado se o sistema Lagos dos Tigres era limitado por fósforo utilizando a relação NT/PT indicado por Vollenweider (1983).

As variáveis monitoradas foram sintetizadas através de uma análise de componentes principais ACP (matriz de correlação - TER BRAAK, 1995), a fim de

detectar se há alguma diferença entre os períodos amostrais. Previamente, a transformação logarítmica foi aplicada em todas variáveis, excetuando-se o pH. A matriz da ACP foi realizada no programa PC-ORD (McCUNE e MEFFORD, 1997). Foi efetuada também a correlação entre temperatura e oxigênio dissolvido, turbidez e transparência, profundidade e turbidez, fósforo e condutividade, pH e clorofila *a*. E regressão entre fósforo e clorofila *a* com vista à melhor entendimento do comportamento sistema lago dos Tigres.

2.4 Comparações dos dados

Os dados de profundidade, temperatura, transparência, pH, condutividade elétrica, fósforo total, nitrogênio total foram comparados os dados de 2004 registrados no trabalho de Nabout e Nogueira (2007b).

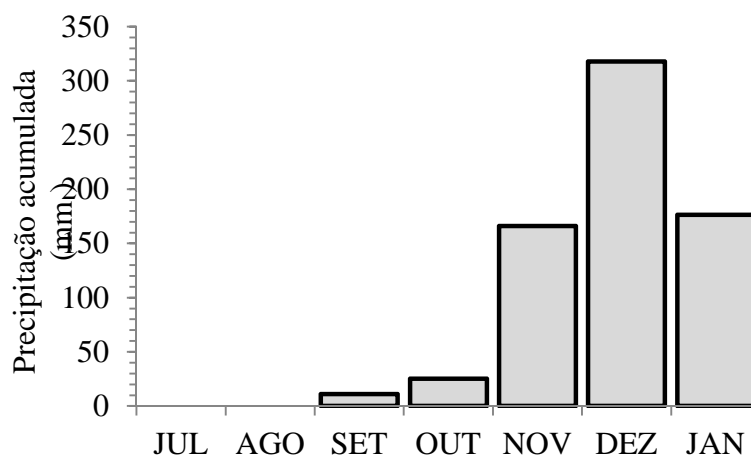
A média anual de fósforo total e clorofila *a* foi comparada com os parâmetros de trofia estabelecidos pela OECD (1982) para ambientes temperados, e com os parâmetros de Salas e Martino (2001) para ambientes tropicais.

3 RESULTADOS

3.1 Precipitação

A precipitação apresentou o maior valor no mês de dezembro de 2009, sendo que os meses de julho a outubro de 2009 foram caracterizados como estação de seca e os meses de novembro 2008 a janeiro de 2009 como estação chuvosa (Figura 2).

Figura 2: Valores de Precipitação total acumulada mensalmente de julho de 2008 a janeiro de 2009 no município de Britânia (GO).



Fonte: SECTEC, 2018.

3.2 Profundidade

O sistema Lago dos Tigres apresentou-se raso e os pontos amostrais com profundidades variando entre 0,37 m (E5 - setembro e outubro/2008) e 6,06 m (E4 - janeiro/09). Dos pontos amostrais lóticos, a E10 apresentou maior profundidade média (3,62 m), e a mais rasa foi a E1 com profundidade média de 1,32 m.

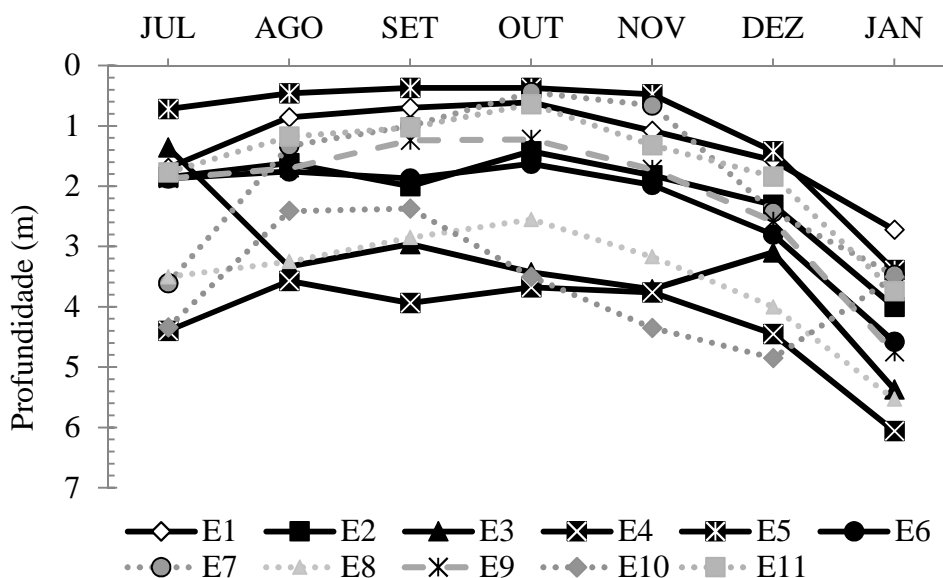
Ao longo do período de estudo observou-se a tendência de diminuição da profundidade no decorrer dos meses de julho a outubro/08 em quase todas as estações, e tendeu a aumentar nos meses de novembro/08 a janeiro/09 devido ao aporte de precipitação (Figura 3). Percebeu-se também que no mês de janeiro/09 os níveis de água foram os mais elevados, menos na E10.

Notou-se que em 2004 a diminuição das profundidades registradas entre julho e agosto teve uma redução de 8,94%, entre julho e setembro foi de 25,83%. Já em 2008 a diferença de profundidade entre julho e agosto foi de 16,66% e entre julho e setembro de 12,69%. Dados comparativos de profundidade média entre 2004 e 2008 revelou que houve redução em média de 53% do nível de água (Tabela 2).

Tabela 2: Profundidade média (em metros) das estações de julho a novembro de 2004 e 2008.

Ano	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
2004	3,02	2,75	2,24	2,21	2,70
2008	1,26	1,05	1,10	1,29	1,34
Diferença	1,76	1,70	1,14	0,92	1,36
Redução (%)	58,28	61,82	50,89	41,63	50,37

Figura 3: Profundidade (m) de todas as Estações durante os meses de julho de 2008 a janeiro de 2009 no sistema Lago dos Tigres (E1, E10, E11 – lóaticas; E2 a E9 – lânticas).



3.3 Temperatura da água

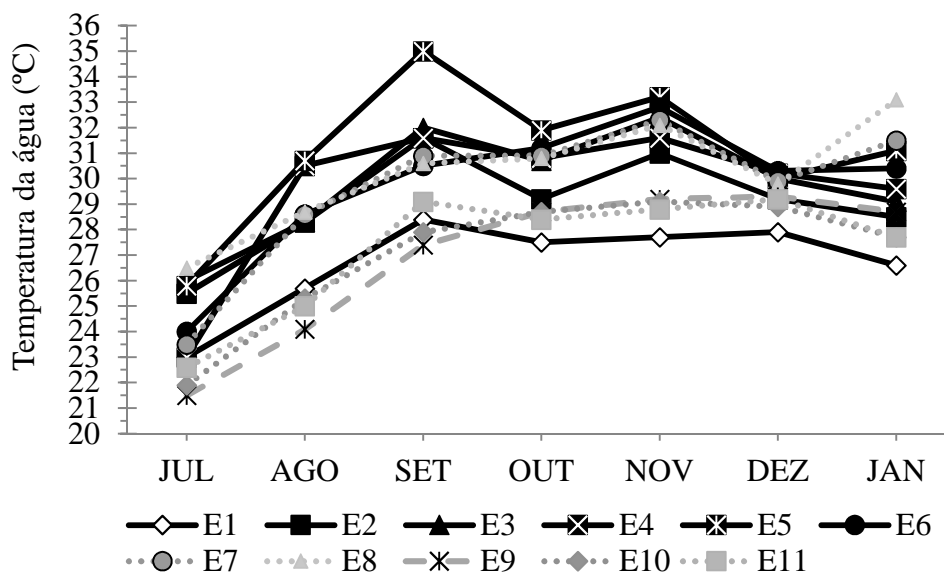
A temperatura da água variou entre 21,5°C (julho/08 – E9) e 35°C (setembro/08 – E5). A E8 apresentou a maior média de temperatura da água (30,2°C). O mês de novembro apresentou as maiores médias de temperatura da água (30,9°C) seguida por setembro (30,4°C) (Tabela 3). As menores temperaturas ocorreram na E9 (julho a setembro) e E1 (outubro a janeiro) enquanto que as maiores foram registradas nas E8 (julho e janeiro), E5 (agosto a novembro) e E6 (dezembro) (Figura 4). Observou-se a tendência de aumento da temperatura da água de julho para setembro.

Tabela 3: Valores de média (x) e desvio padrão (DP) das variáveis analisadas em todas as estações do sistema Lagos dos Tigres durante julho de 2008 a janeiro de 2009. (–) não amostrados.

Variáveis	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro	Seca	Chuva	
Temperatura da água (°C)	23,9	27,6	30,5	29,9	30,9	29,5	29,5	28,0	30,0	x
	1,7	2,2	2,2	1,4	1,9	0,7	1,9	3,0	0,8	DP
Transparência (m)	0,53	0,46	0,41	0,43	0,35	0,37	0,48	0,46	0,40	x
	0,08	0,11	0,09	0,10	0,12	0,10	0,16	0,05	0,07	DP
Profundidade	2,45	1,95	1,85	1,77	2,19	2,85	4,28	2,01	3,11	x

(m)	1,27	1,05	1,10	1,30	1,34	1,15	1,05	0,31	1,07	DP
Turbidez	—	27	31	57	113	64	35	38	70	x
(UNT)	—	5	5	12	172	34	23	17	40	DP
pH	6,22	6,71	6,39	6,38	6,53	6,35	6,35	6,43	6,41	x
	0,51	0,12	0,40	0,32	0,29	0,90	0,88	0,21	0,11	DP
Condutividade	—	21,63	20,10	6,91	4,18	5,36	7,37	16,22	5,64	x
elétrica	—	9,77	10,19	3,75	1,78	1,75	5,96	8,10	1,61	DP
($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)										
Oxigênio	—	—	—	8,9	8,5	6,7	5,8	8,9	7,0	x
dissolvido	—	—	—	0,6	0,5	0,4	0,8	—	1,4	DP
($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)										
Nitrogênio	121,6	148,1	234,7	374,9	195,0	129,0	—	219,8	162,0	x
total	73,9	68,6	166,0	205,9	108,2	72,8	—	114,1	46,7	DP
($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)										
Fósforo total	20,4	14,3	92,8	19,8	18,5	17,6	—	36,8	18,1	x
($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	22,5	22,7	144,9	16,6	18,9	23,5	—	37,4	0,6	DP
Clorofila a	—	0,195	—	1,093	1,262	1,991	1,190	0,644	1,481	x
($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	—	0,448	—	1,220	1,127	2,157	2,055	0,635	0,443	DP

Figura 4: Valores de temperatura da água ($T^{\circ}\text{C}$) registrados nas estações (E) no sistema Lago dos Tigres (Britania, GO) durante os meses de amostragens entre 2008 e 2009.



3.4 Transparência da água

A transparência da água variou entre 0,07 (nov/08 – E11) a 0,73 metros (jan/09 – E8) (Figura 5). A estação lótica que apresentou menor valor de transparências foi a E11 (nov/08. – 0,07 m) e a maior E1 (ago/08 – 0,65 m). A estação lântica que apresentou menor valor de transparências foi a E5 (out/08 – 0,21 m) e a maior E8 (jan/09 – 0,73m). A E1 teve maior variação de transparência e E4 a menor (Figura 5). O mês de janeiro com maior profundidade apresentou maior transparência.

A E5 (região lântica e rasa) teve transparência total. Observou-se que a zona eufótica oscilou nas diferentes estações, ao longo do período averiguado. Destaca-se ainda que na região lântica, a E7 (79,46 % de penetração de luz na coluna d'água) e a E9 (68,37 %) (Tabela 4). Na região lótica a zona eufótica alcançou quase que toda coluna d'água na E1 (95,45 %) enquanto que na E11 a zona eufótica atingiu 0,76 m (46,46 %) sendo a menor de todas as estações.

Figura 5: Valores de transparência da água (m) registrados nas estações (E) no sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de amostragem entre 2008 e 2009.

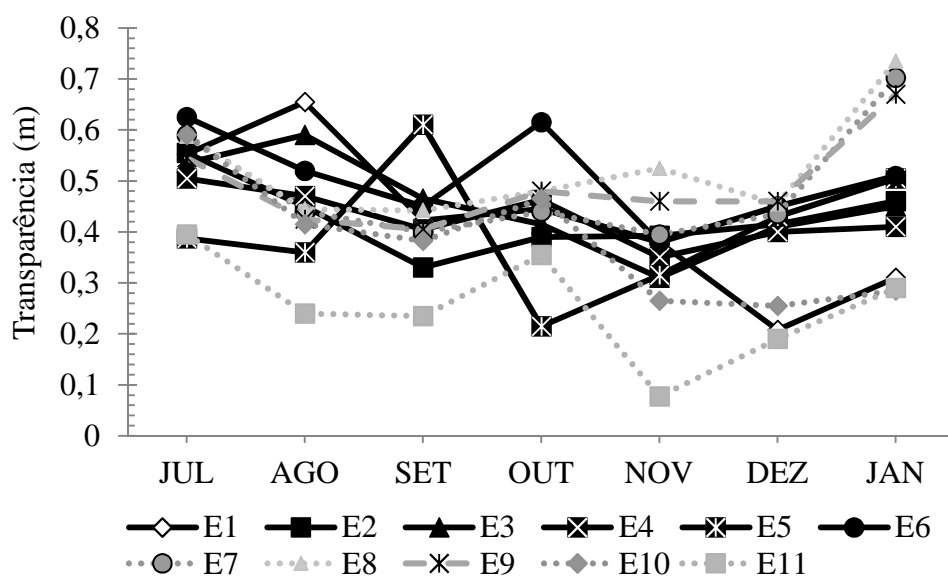


Tabela 4: Valores estimados da Zona eufótica (m), profundidade média (m) e percentual (%) de penetração de luz na coluna d'água em todas as estações do sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) entre julho de 2008 e janeiro de 2009.

Estação	Zona eufótica (m)	Profundidade média (m)	%
E1	1,27	1,32	96
E2	1,28	2,15	60
E3	1,36	3,32	41
E4	1,29	4,27	30
E5	1,03	1,03	100
E6	1,52	2,36	64
E7	1,46	1,85	79
E8	1,57	3,55	44
E9	1,48	2,15	69
E10	1,14	3,62	31
E11	0,76	1,64	46

3.5 Turbidez

Os valores de turbidez foram mais baixos no período de seca e mais elevados no período chuvoso, variando entre 20 UNT (agosto – E1) a 83 UNT (outubro – E5) na época de seca, e 11 UNT (janeiro – E4) a 630 UNT (novembro – E11) no início das chuvas. Os meses de agosto, setembro e outubro apresentaram uma menor variação da turbidez, enquanto que os meses novembro e dezembro apresentaram maior variação (Tabela 5).

Tabela 5: Valores de turbidez (UNT) registrados nas estações amostrais do sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante agosto de 2008 a janeiro de 2009.

Estação	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN
E1	20	27	63	61	120	24
E2	31	36	61	49	53	12
E3	25	26	63	67	42	32
E4	24	26	46	62	43	11
E5	25	43	83	64	40	74
E6	24	26	42	57	42	38
E7	28	31	50	54	42	15
E8	25	29	51	51	42	25
E9	28	29	51	60	48	21
E10	27	32	52	89	120	62
E11	38	37	68	630	110	66
Média	27	31	57	113	64	35
DP	5	5	12	172	34	23

3.6 pH

O pH registrado no presente estudo variou entre ácido e básico nos dois períodos amostrais (Tabela 3), sendo que na chuva foram registrados os valores mais extremos (4,80 em dez./2008 – E3; 8,40 em jan./2009 – E1) (Figura 6). No entanto, notou-se que em média os períodos seco e chuvoso apresentaram valores próximos (seca = 6,43, chuva = 6,41).

3.7 Condutividade Elétrica da Água

Em todo o sistema Lago dos Tigres, os valores mais altos da condutividade foram registrados nos meses de agosto e setembro (seca). Já os menores valores foram registrados nos meses de out./2008 (seca) a jan./2009 (chuva – Figura 7). As amplitudes de variação de condutividade não foram elevadas, máxima de 49,40 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (E11, set/2008) e mínima de 0,09 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (E1 – jan/2009), sendo a média mensal do período amostral de registrada na Tabela 3. O mês de novembro apresentou a menor média (4,18 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) enquanto que o mês de agosto registrou o maior valor médio (21,63 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Figura 6: Valores de pH da água registrada no sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de amostragens entre 2008 e 2009.

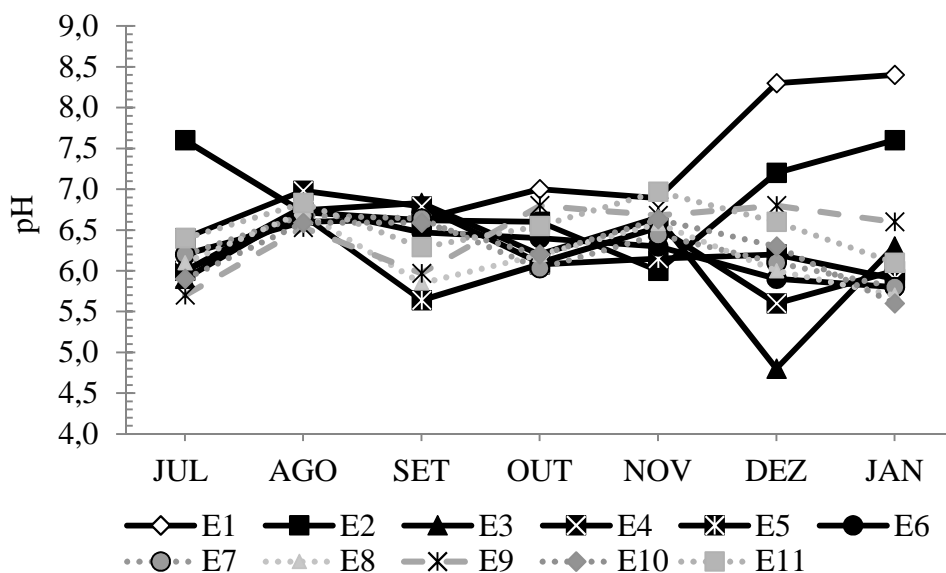
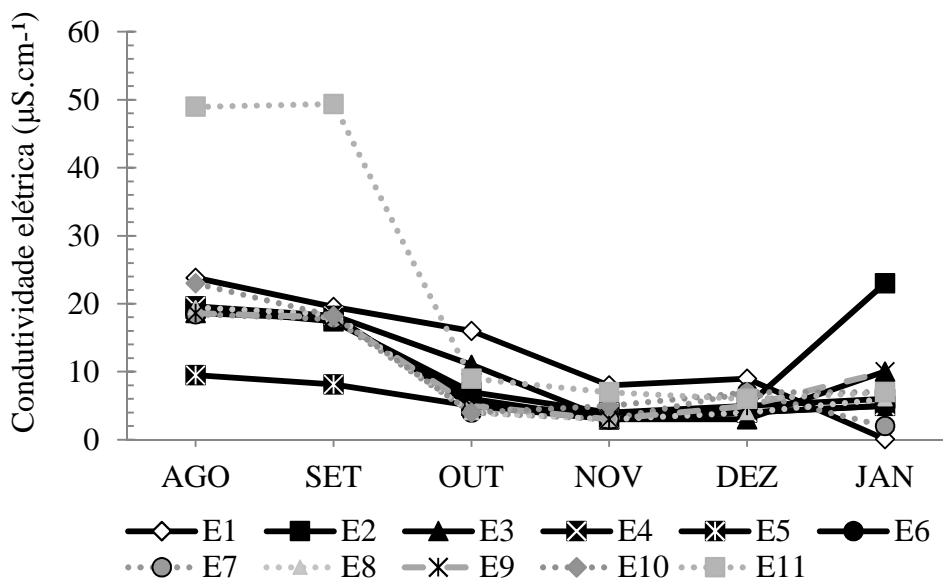


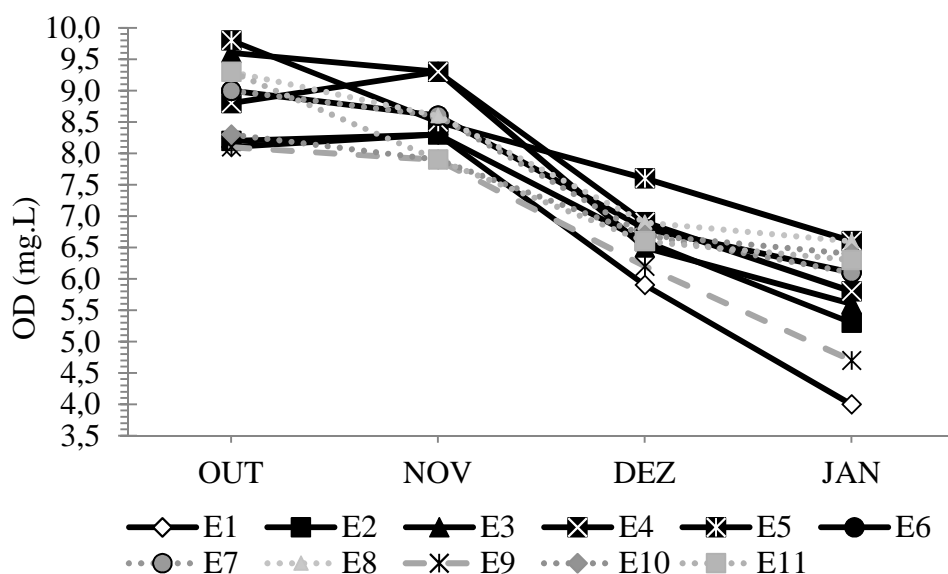
Figura 7: Valores de condutividade elétrica da água ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) registrados no sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de amostragens entre agosto de 2008 e janeiro de 2009.



3.8 Oxigênio Dissolvido

Observa-se que ocorreu uma queda nos valores de oxigênio entre os períodos de seca e chuva (Figura 8), sendo que os meses outubro ($9,8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ - E5) e janeiro ($4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ - E1) apresentaram maior variação do oxigênio dissolvido enquanto que os meses de novembro e dezembro a menor (Tabela 3).

Figura 8: Valores de oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) registrados no sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de outubro de 2008 a janeiro 2009.

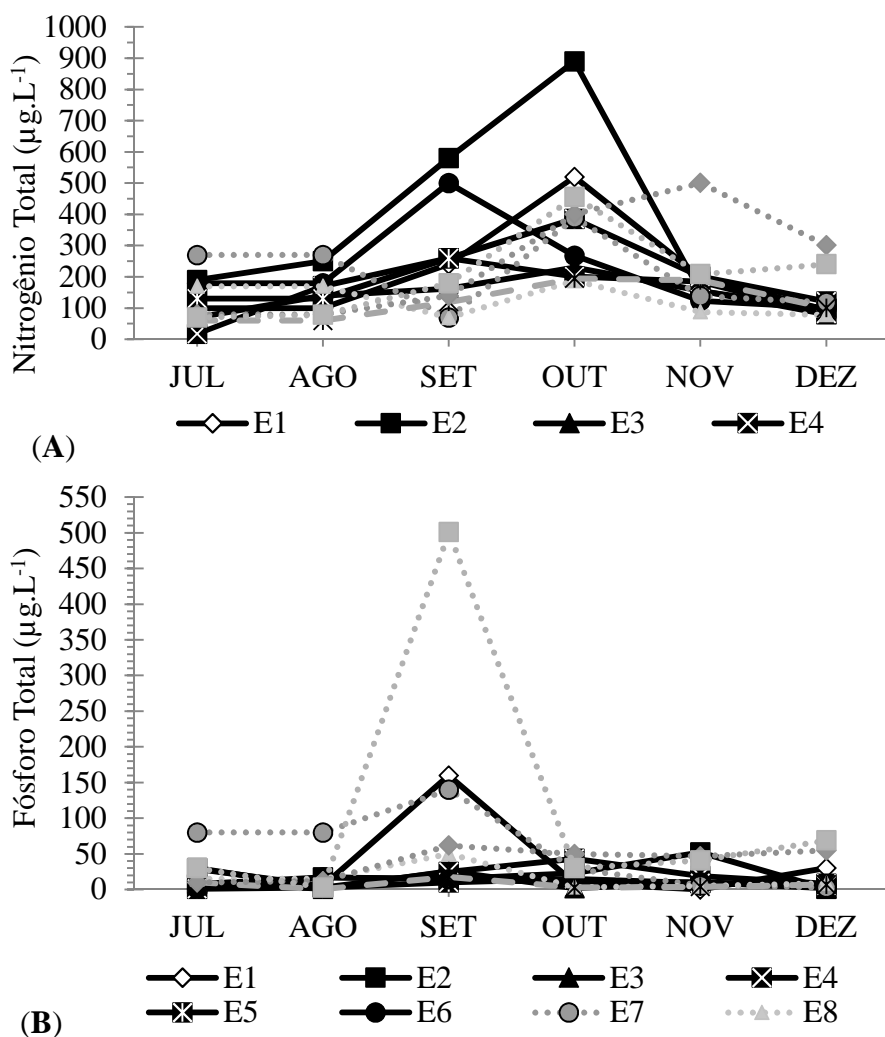


3.9 Nitrogênio total e Fósforo total

Os maiores valores de nitrogênio total (Figura 9 A) oscilaram, atingindo valores elevados (julho, E4 - 18 $\mu\text{g.L}^{-1}$; outubro, E2 - 890 $\mu\text{g.L}^{-1}$), os quais aumentaram no decorrer dos meses de seca (julho a outubro) e diminuíram durante as chuvas (novembro e dezembro). A maior variação ocorreu entre setembro e outubro (Tabela 3).

No decorrer da pesquisa, com exceção do mês de set./2008 (E11 - 501 $\mu\text{g.L}^{-1}$), os valores de fósforo total apresentaram pouca variação (Tabela 3 e Figura 9 B). A média anual de fósforo total foi de 30,6 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

Figura 9: Valores de nutrientes ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de julho 2008 a dezembro de 2008. (A) nitrogênio total e (B) fósforo total.



3.10 Clorofila a

Na Figura 10 pode-se observar os dados de clorofila a registrados ao longo do estudo. Não foram registradas drásticas mudanças entre chuva e seca, no entanto na seca os valores foram inferiores a $3,738 \mu\text{g.L}^{-1}$ (out/2009 - E9). Com a intensificação das chuvas ocorreram registros da elevação dos valores de clorofila a apenas na E3 (dez/08; jan/09), sendo que os demais valores foram inferiores a $4,539 \mu\text{g.L}^{-1}$ (E4). A média anual foi de $1,14 \mu\text{g.L}^{-1}$. As médias de clorofila a dos meses de amostragem encontram-se na tabela 3. Não houve relação entre fósforo total e clorofila a (Figura 11).

Figura 10: Valores de clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) registrados no sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de agosto, outubro, novembro a janeiro de 2009.

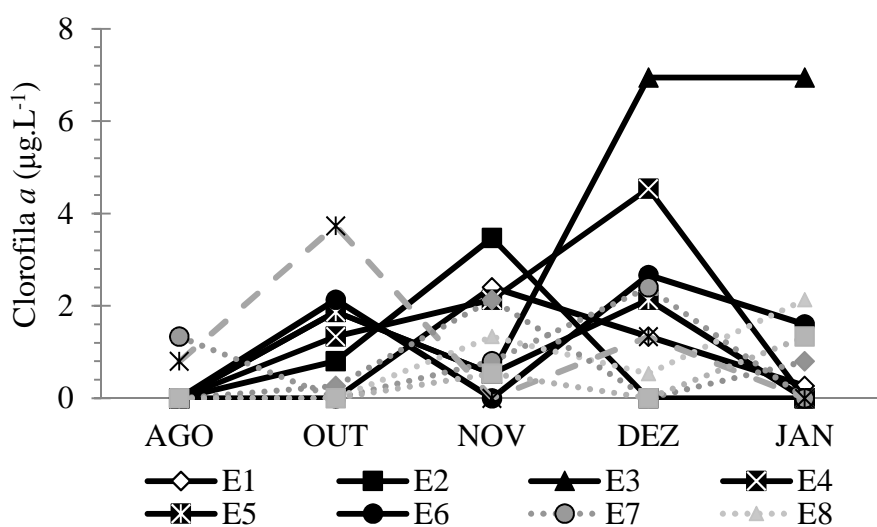
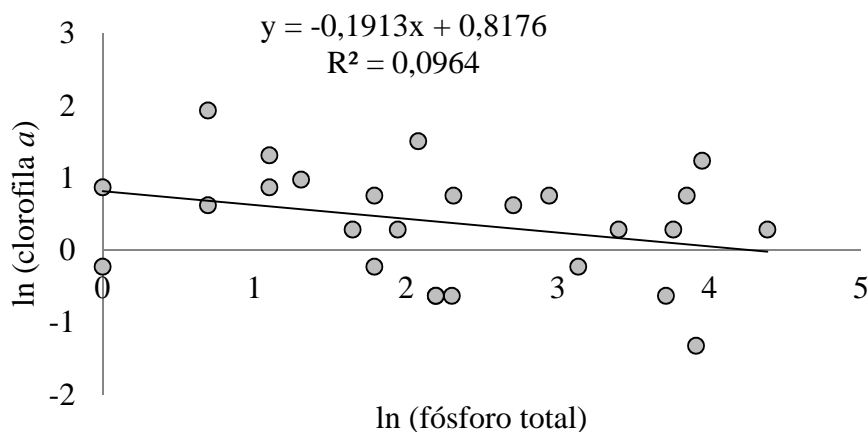


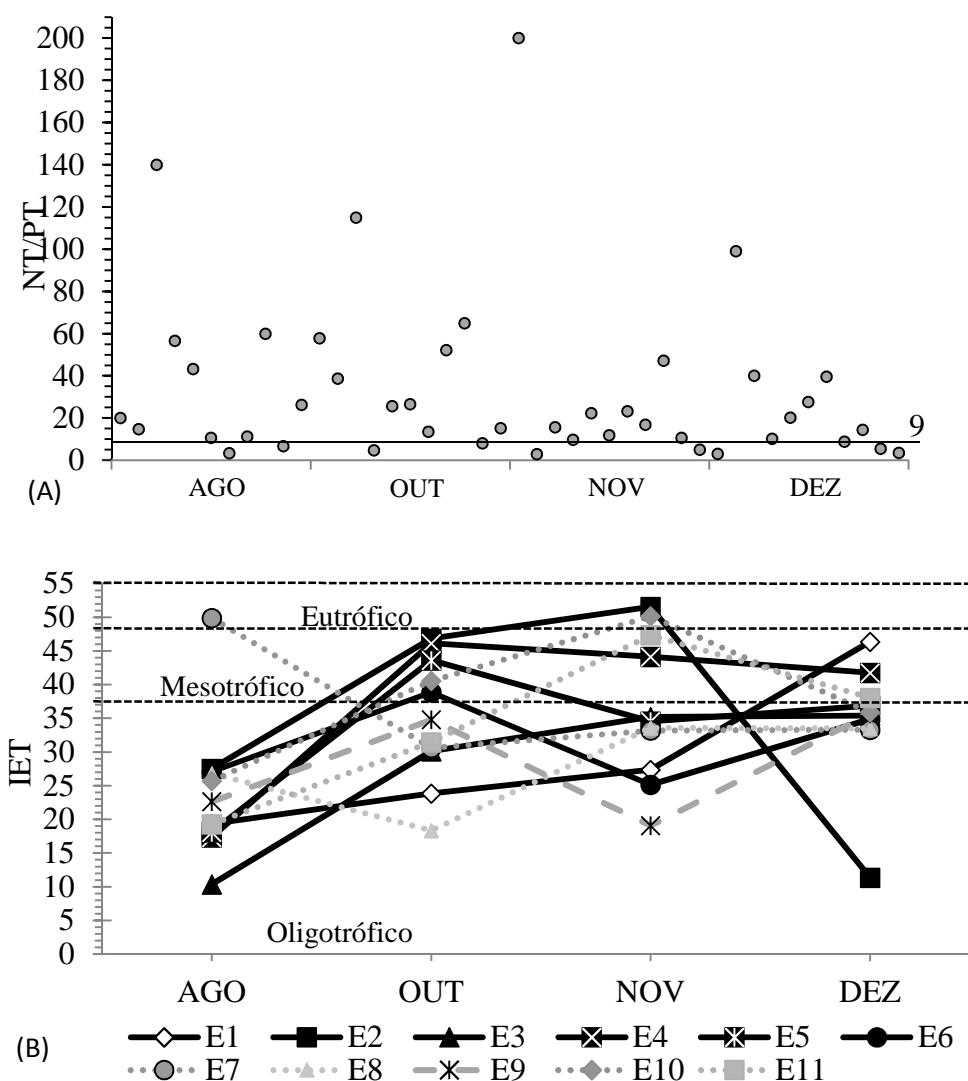
Figura 11: Relação de entre ln- fósforo total ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e ln-clorofila a ($\mu\text{g.L}^{-1}$) dos sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO).



3.11 Índice de Estado Trófico (IET)

A razão nitrogênio total versus fósforo total (razão NT/PT) foi maior do que 9 em 75,55% das amostragens (Figura 12A), indicando que ocorreu limitação potencial por fósforo durante o período amostral. A análise do estado trófico indicou que durante a maior parte do estudo o ambiente se manteve oligotrófico. O mês que apresentou maior nível de trofia foi novembro/2008 com quatro estações que foram mesotrófica e duas eutróficas (Figura 12B).

Figura 12: (A): Valores da Razão nitrogênio total (NT) versus fósforo total (PT) nos períodos utilizados para calcular o IET no Sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO). A linha contínua corresponde a valor nove que é a referência para limitação por fósforo de acordo com Vollenweider (1983). (B): Estado Trófico do sistema Lago dos Tigres (Britânia, GO) durante os meses de agosto, outubro, novembro e dezembro 2008. Valores limites (----) de acordo Toledo *et al.* (1983).



3.12 Análise de Componentes Principais- ACP

A Análise dos Componentes Principais (ACP) indicou que as amostras de seca e de chuva estiveram distanciadas entre si, assim como as estações lóticicas e lênticas (Figura 13). Os dois primeiros componentes principais explicaram 52,77% da variabilidade total dos dados, sendo que as variáveis que correlacionaram com o primeiro eixo 1 foram: condutividade e nitrogênio total; com o eixo 2: oxigênio dissolvido e temperatura da água (Tabela 6).

No período chuvoso as estações lóticicas foram agrupadas pelos valores de pH, turbidez e condutividade, enquanto que as estações lênticas foram agrupadas pela profundidade, temperatura e clorofila a.

Figura 13: Escores derivados da ACP aplicados aos dados ambientais. Os códigos são: TURB - turbidez; pH - potencial hidrogeniônico; PT - fósforo total; CND – condutividade elétrica; NT – nitrogênio total; OD – oxigênio dissolvido; TEMP – temperatura da água; CLA – clorofila a ; PROF - profundidade. Os números representam as estações de amostragem e as letras os meses, O – outubro, N – novembro e D – dezembro.

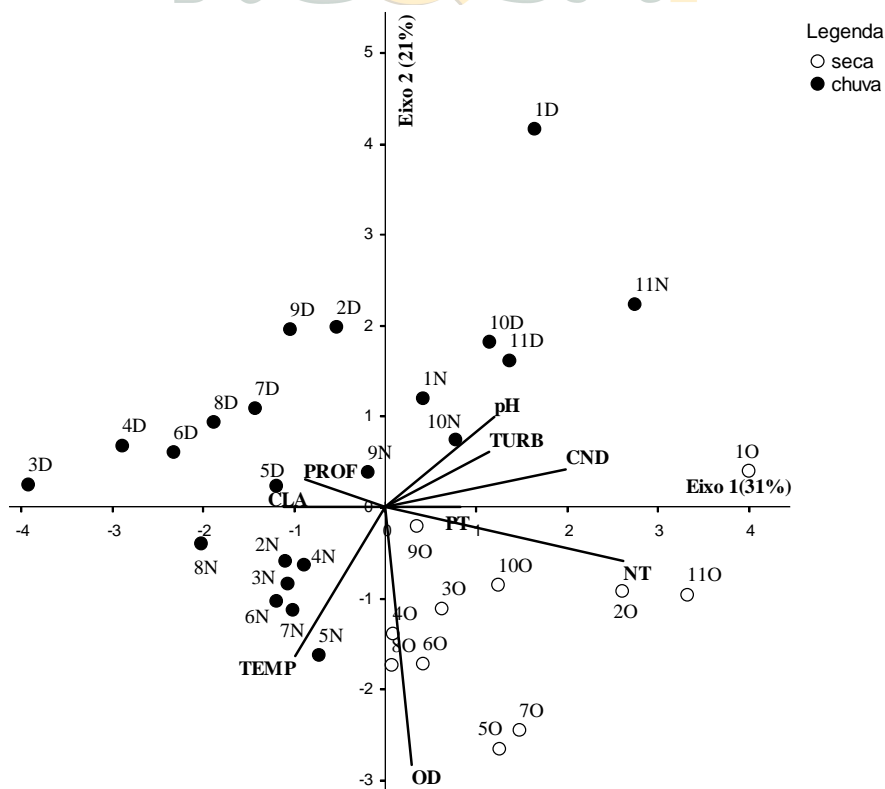


Tabela 6: Explicabilidade dos eixos e correlação das variáveis limnológicas obtidas no lago dos Tigres com os dois primeiros componentes principais. Em negritos estão os coeficientes considerados importantes para a formação dos componentes.

Explicabilidade	Eixo 1	Eixo 2
Eigenvalores	3,081	2,197
% Variância	31	21
Bronken-Stick	2,929	1,929
Variáveis	Autovetores	Autovetores
Turbidez	0,3046	0,2640
pH	0,3112	0,3368
Fósforo total	0,2596	-0,0107
Condutividade elétrica	0,4014	0,2157
Nitrogênio total	0,4609	-0,2585
Oxigênio dissolvido	0,1543	-0,5689
Temperatura da água	-0,2844	-0,4315
Clorofila a	-0,3006	0,0249
Profundidade	-0,2669	0,1850

3.13 Correlação

Dentre as correlações realizadas, apenas quatro não ocorrem ao acaso em nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$), que são as destacadas na Tabela 7.

Tabela 7: Correlação entre temperatura (Temp.) e oxigênio dissolvido (O.D), temperatura e clorofila a, (Cla) turbidez (Turb.) e transparência (Tran.), profundidade (Prof.) e turbidez, fósforo total (PT) e condutividade (Conductiv.) e pH com clorofila a. DF = grau de liberdade, n = número de amostra, r = coeficiente de correlação, Sr = erro padrão do coeficiente de correlação, t = teste de significância calculado e α = teste de significância dado.

Correlação	GL	n	r	Sr	t	α
Temp. x O.D	42	44	0,47	0,14	3,45	0,00129
Temp. x Cla	42	44	0,20	0,15	1,32	0,19303
Turb. x Tran.	64	66	-0,50	0,11	4,62	0,00002
Prof. x Turb.	64	66	-0,12	0,12	0,97	0,33719
PT x Conductiv.	53	55	0,52	0,12	4,43	0,00005
pH x Cla	53	55	-0,40	0,13	3,18	0,00248
Cla x Turb.	53	55	-0,04	0,14	0,29	0,77185
Cla x Tran.	53	55	0,003	0,14	0,02	0,98266

Temp=temperatura da água; O.D=oxigênio dissolvido; Cla= clorofila a; Turb=turbidez; Prof=profundidade; PT=fósforo total; Conductiv=condutividade elétrica.

4 DISCUSSÃO

Ambientes rasos são propícios a modificações rápidas a medida que as condições ambientais sejam modificadas. Mischkel e Nixdorf (2003), consideram que lagos muito rasos apresentam profundidade inferior a 5 m. Este valor de profundidade foi em média observado no Sistema lago dos Tigres. O máximo de profundidade registrada foi somente no período chuvoso. Os lagos rasos como este podem ser propícios a processos de eutrofização conforme já mencionado por Jeppesen *et al.* (2014). Este sistema encontra-se em região rural, sujeito aos impactos mais diversos desde uso desordenado das águas até desmatamento das margens ocasionando impactos relacionados à agricultura e ao urbanismo.

Impactos ambientais podem ocasionar modificações limnológicas importantes. No sistema Lagos dos Tigres que passou por alterações na parte hidrológica (OLIVEIRA, 2012) teve, no entanto, temperatura e transparências com características semelhantes àquelas registradas por Nabout e Nogueira (2007b), ao estudarem o em 2004. Enquanto que as demais variáveis registraram alterações relevantes nestes quatro anos de intervalo entre os estudos (2004 e 2008/09).

A profundidade teve a maior alteração, quando comparada com o período de 2004 com o de 2008-2009, que passa a ser menor em todas as estações, principalmente nos meses de julho e agosto de 2008, indicando que o período de seca afetou o ecossistema com o incentivo da forte evaporação que é comum na região neste período (LOBATO *et al.*, 2002). A profundidade média registrada em 2008 foi menor do que aquela registrada em 2004, tendo uma queda de cerca de 50% dos valores registrados, indicando que o ambiente está passando por problemas relacionados a diminuição do volume hídrico, principalmente no lago. Isto é alarmante por este ambiente ser um dos maiores lagos naturais da Região Centro-Oeste e ainda contribuir para a sobrevivência da população do município de Britânica.

São vários fatores que favoreceram a redução da profundidade, como por exemplo, o desmatamento do Cerrado no município de Britânia (BONNET *et al.*, 2007), e das mata ciliares para formação de pastagens (KLINK e MACHADO, 2005; VIEIRA *et al.*, 2015). Não só do lago dos Tigres, mas também do rio Vermelho; cujo elevado número de pivôs centrais para a irrigação das pastagens no período de seca, vem retirando excessivamente águas subterrâneas do aquífero da região o que afeta o nível de água dos ambientes aquáticos (OLIVEIRA, 2012).

Segundo observações locais, entre 2004 e 2008, o curso do rio Vermelho foi alterado antes da foz do lago dos Tigres devido a processos antrópicos (desmatamento) associados a fenômenos naturais (tempestades). Estes eventos desviaram o curso do antigo leito ocasionando a redução do volume hídrico, diminuindo assim a força de retenção das águas do lago dos Tigres exercida pelo rio Vermelho, tanto que foi possível constatar localmente durante as amostragens de seca (2008) que na E10 apenas vertia a água do lago dos Tigres, enquanto que o leito do rio na foz do lago esteve completamente seco, o que não foi observado em 2004. A partir da E10 até E11 (9,62 km) o leito do Rio Vermelho é completado apenas com as águas do lago dos Tigres e Lago Tigrinho (Figura 1) e somente na E11 recebe as águas do novo trajeto do Rio Vermelho.

A turbidez foi elevada durante o período chuvoso provavelmente por causa do aumento do escoamento superficial que carregou partículas e reduziu a transparência e conseqüentemente a penetração da luz. Levando-se em consideração que historicamente no Centro-Oeste, a bacia Tocantins-Araguaia está inserida climaticamente em áreas com valores de precipitação acima de 1869 mm/ano (ANA, 2002) e que segundo Lobato *et al.* (2002) a precipitação varia entre 1400-1600 mm.ano⁻¹ para o município de Britânia, diante destas informações, considera-se que a elevada precipitação associada a terras desmatadas têm uma forte influência no carregamento de partículas, principalmente nos meses de dezembro e janeiro quando as chuvas são mais intensas.

Os baixos valores de clorofila *a* não tiveram correlação com a transparência e a turbidez. No entanto, destaca-se que nas estações lânticas os maiores valores de clorofila *a* podem ter sido ocasionados pela diminuição da turbidez a partir de dezembro. Na região lótica os valores foram mais elevados e a clorofila *a* menor provavelmente devido à influência dos elevados valores de turbidez.

Von Sperling (1996) mencionou que valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos micro-organismos, no entanto no sistema Lagos dos Tigres, houve correlação negativa entre pH e clorofila *a*. Associado ao pH a temperatura também afeta a biomassa fitoplanctônica, representada pela clorofila *a* (THOMAZ *et al.*, 1997; EGGERT *et al.*, 2006). De fato, nos meses de julho e agosto foram observados os menores valores de clorofila *a* e de médias de temperatura da água.

A interferência nas formas químicas de nutrientes limitantes da produção fitoplanctônica, como o fósforo, está relacionada com a turbidez (ROLAND, 2000). A turbidez e a transparência estão também associadas a profundidade e as características de ressuspensão do sedimento causada pelo vento (TRENTIN *et al.*, 2009). Tais dados também foram registrados em outros ecossistemas, por Martins e Fernandes (2007) em um lago artificial urbano (ES) e Krupek *et al.* (2008), que analisou uma bacia de drenagem no estado do Paraná.

Pode-se perceber que na E11 (lótica) o fósforo total teve um aumento no mês de setembro que coincidiu com a maior concentração de íons detectada pela condutividade, o que pode indicar uma ação antrópica no sistema Lago dos Tigres, principalmente a diminuição da profundidade. Calijuri *et al.* (2008), também registraram elevadas concentrações de fósforo total e condutividade elétrica no Rio Jacupiranguinha-SP que foram associadas com o efluente industrial.

Britânia é um município com elevado nível de desmatamento (BONNET *et al.*, 2007), cuja economia está baseada na agropecuária, porém não existem registros oficiais de uso de agrotóxicos. Altas concentrações de fósforo em rios podem ser associadas com as inadequadas práticas agrícolas, enxurradas urbanas e fontes difusas de descarga (KHAN e ANSARI, 2005). As atividades agropecuárias de Britânia contribuem direta ou indiretamente com o aporte alóctone ao ambiente aquático que também poderiam junto com a diminuição da profundidade estar influenciando as características físicas e ou químicas desse ambiente. Porém observa-se que a coluna d'água deste ambiente, em 75,55% das amostras analisadas, apresenta deficiência de fósforo.

Na Análise de Componentes Principais (ACP) observou-se que as variáveis que mais destacaram no lago dos Tigres foram transparência, turbidez e nitrogênio total. Algumas destas variáveis também foram relevantes nos trabalhos de Rocha e Tomaz (2004), Felisberto e Rodrigues (2005), Vercellino e Bicudo (2006), Krupek *et al.* (2008). A ACP tornar-se uma ferramenta fácil e conveniente para descrição do metabolismo aquático (PARINET *et al.*, 2004), o que pode ser observado no presente estudo que aborda um lago natural oligotrófico.

Quatro anos depois da primeira amostragem no lago dos Tigres (NABOUT e NOGUEIRA, 2007b), notou-se as medias de condutividade elétrica, fósforo total e pH em 2008, nos períodos de seca e chuva, foram bem menores do que aquelas apresentadas em 2004, a exceção do nitrogênio total, que foi cerca de 38,3% maior

na seca e 31,7% maior na chuva. Provavelmente estas mudanças foram influenciadas pelas novas características ambientais do sistema lago dos Tigres em 2008-2009.

Os valores do Índice do Estado Trófico (IET) (CARLSON, 1977), indicaram que o sistema Lago dos Tigres, durante o período de estudo (2008/2009), teve características oligotróficas. Vários autores utilizam o IET para determinar o estado trófico dos corpos hídricos temperados ou tropicais: Mercante e Tucci-Moura (1999), Bezerra-Neto e Pinto-Coelho (2002), Mercante *et al.* (2004), Naval *et al.* (2004), Lucca *et al.* (2008), James *et al.* (2009) e Persic *et al.* (2009). Assim como a tendência do estado oligotrófico do sistema Lago dos Tigres, existem no Brasil outros ambientes lênticos com características próximas, por exemplo, o lago IAG-SP (VERCELLINO e BICUDO, 2006) e o lago Caçó-MA (LUCCA *et al.*, 2008).

Carlson (1977), considerou que o uso do IET utilizando fósforo total só produz resultados válidos naqueles ambientes em que o fósforo é o fator limitante para o crescimento algal, o que foi registrado no sistema Lago dos Tigres com a relação NT/PT. Bezerra-Neto e Pinto-Coelho (2002), concluíram que o estado trófico pode estar associado ao padrão de estratificação do ambiente e que esse, por sua vez, é afetado pela morfometria.

Dessa maneira, a dinâmica dos dados obtidos de IET foi fundamental para a compreensão do sistema estudado, uma vez que o sistema Lago dos Tigres apresentou limitação por fósforo e está sendo influenciado pela interrupção do barramento natural pelo rio Vermelho, esta limitação influencia também o desenvolvimento de fitoplâncton, haja vista os baixos valores de clorofila *a*.

Baumert e Petzoldt (2008), criticam o uso da variável fósforo unicamente para caracterização dos processos de eutrofização, pois essa variável aparece na maioria dos trabalhos como o maior elemento eutrofizante. Esses autores consideraram que a quota mínima celular de fósforo no fitoplâncton é tão baixa, o método da análise de fósforo é tão sensível e a dispersão de resultados é tão alta para serem suficientes para permitir conclusões sólidas, além do mais, ocorrem pequenas contaminações que podem corromper os resultados. Wang *et al.* (2008), e Dodds (2003), argumentam que a razão NT/PT nem sempre indica a real limitação do nutriente em um determinado corpo hídrico. Observa-se que nos dias atuais o uso de fósforo como elemento base de níveis de trofia dos ambientes aquáticos deve ser utilizado com bastante cuidado.

É importante destacar que existem diferenças na avaliação do estado trófico de ambientes aquáticos temperados e tropicais. A OECD (1982) (Organization for Economic Cooperation e Development) estabeleceu limites tróficos para fósforo total e clorofila *a*. Salas e Martino (2001), propuseram um modelo trófico para lagos e reservatórios tropicais da América Latina e Caribe com base no fósforo e clorofila *a*, que seria o mais adequado para a realidade climatológica do Brasil. Toledo *et al.* (1983), modificou para ambientes tropicais a proposta de Carlson (1977). Comparando os dados do lago Tigres com aqueles de Salas e Martino (2001), e OECD (1982), notou-se que as duas referências colocariam o sistema Lago dos Tigres como mesotrófico para fósforo total e oligotrófico para clorofila *a*. Já com o modelo de Toledo *et al.* (1983), o sistema Lago dos Tigres durante todo período de estudo a maioria das amostras foram oligotróficas, no entanto, foram encontradas algumas estações em mesotrofia. Trindade e Mendonça (2014), concluíram que diferentes modelos de IET podem resultar em diferentes classes de níveis de trofia e que precipitações pluviométricas e sazonalidade apresentam grande influência na classificação.

No presente estudo, não houve relação significativa entre clorofila *a* e fósforo total, mas Reynolds (1984) informou que para o desenvolvimento das algas seriam necessárias apenas pequenas quantidades de fósforo no sistema. Calijuri *et al.* (2008), registrou nos rios Jacupiranguinha-SP e Pariquera-Açu-SP baixa relação entre fósforo total e clorofila *a*. Huszar *et al.* (2006), concluiu que elevadas concentrações de clorofila *a* foram relacionados às altas concentrações de nitrogênio e fósforo em sistemas lênticos tropicais e temperados, o que não se evidenciou no lago dos Tigres, sendo por isso as baixas concentrações de clorofila *a* registradas. Provavelmente a concentração da clorofila *a* foi restringida por fatores ambientais destacando o esgotamento hídrico do sistema já mencionando anteriormente.

Observou-se que os valores de fósforo nos meses de outubro a novembro de 2008 tiveram uma escala decrescente enquanto que a clorofila *a* crescente, isso pode ser corroborado com os registros de Holtan *et al.* (1988), e Jensen *et al.* (1992), que referiram-se a disponibilidade do fósforo reduzida pela adsorção à coloides inorgânicos e compostos particulados (carbonatos, hidróxidos, metais), diminuindo, assim, a disponibilidade desse elemento para os produtores primários.

Reynolds (2006) indicou também que essa redução pode ser por incorporação desse elemento pelas algas.

5 CONCLUSÕES

As alterações ambientais ocasionadas no sistema do Lago dos Tigres pela modificação da dinâmica hídrica proporcionada pelo desvio do curso do rio vermelho refletiu nas características limnológicas que apresentaram diferenças espaciais e temporais durante o ano de 2008/2009. No período de seca e de chuva foram descritos por variáveis distintas. Na seca ocorreu menor profundidade e a limnologia do ambiente foi caracterizada por ter a concentração mais elevada de oxigênio dissolvido e nitrogênio total. Enquanto que na chuva valores de Clorofila a, temperatura e transparência associadas a maior profundidade foram descritores do Sistema Lago dos Tigres. A diferença espacial foi notória nas estações lóticicas que apresentaram maiores valores de turbidez, condutividade elétrica e fósforo total.

O Sistema Lago dos Tigres foi delineado como ambiente raso, limitado por fósforo, oligotrófico, e teve a profundidade como maior característica de alteração entre 2004 e 2008, sendo esta reduzida em média de 53%, o que é alarmante.

Esta redução de volume foi provocada principalmente por ação antrópica, que além de deixar vários impactos ambientais, afeta drasticamente o turismo da região. Assim, necessita-se de maior fiscalização na área estudada e também de planos para recuperação de áreas degradadas.

TROPHIC STATE INDEX ASSESSMENT IN LAKE OF TIGERS, BRITÂNIA, GOIÁS

ABSTRACT

The Tigres lake system consist of three environments (the lake, Vermelho and Agua Fria rivers). These are shallow environments in a rural area and the trophic levels are precarious. The aim was to analyze the Trophic State Index during the dry and rainy periods and study the importance of reducing of the depth of these ecosystems. The water samples were collected at 11 sampling stations (lotics and lentic) in preserved, agricultural and urban areas. The statistical analyses of data were studied and associated with different analyses (correlation, principal component-PCA and

linear regression). The depth of the study area was reduced in 53%. Tendency of oligotrophy and phosphorus limitation were registered in the water. The PCA indicated that the spatial and temporal conditions showed significant differences. Dry period had less depth and higher levels of dissolved oxygen and total nitrogen. The spatial difference stood out in lotic stations (turbidity, electrical conductivity and total phosphorus).

Keywords: Oligotrophic lake. Phosphorous limitation. Rural lake.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Estado das Águas no Brasil 2002: em busca do equilíbrio**. Brasília. ANA, 2002. 506p.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. 20 ed. Madrid. Ediciones Diaz de Santos S.A/American Public Health Association; American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 1998.

BEZERRA-NETO, J.F.; PINTO-COELHO, R.M. A morfometria e o estado trófico de um reservatório urbano: lagoa do Nado, Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum**, v.24, n.2, p. 285-290, 2002.

BAUMERT, H.Z.; PETZOLDT, T. The role of temperature, cellular quota and nutrient concentrations for photosynthesis, growth and light–dark acclimation in phytoplankton. **Limnologia**, v.38, p.313-326, 2008.

BONNET, B.R.P.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, L.G. Ampliação de ambientes ripários como alternativa às reservas legais: conciliando política florestal e conservação dos recursos hídricos no bioma cerrado. **Boletim Goiano de Geografia**, v.27, n.1, p. 97-115, 2007.

CALIJURI M.C.; CUNHA, D.G.F.; QUEIROZ, L.A.; MOCCELLIN, J.; MIWA, A.C.P. Nutrients and chlorophyll-a concentrations in tropical rivers of Ribeira de Iguape Basin, SP, Brazil. **Acta Limnologia Brasiliensia**, v.20, n.2, p.131-138, 2008.

CARLSON, R.E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, v. 22, p. 361-369, 1977.

CARMOUZE J.P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos: Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análise química**. São Paulo. Ed. Edgard Bulcher LTDA\ FAPESP\ ORSTOM\ SBL, 1994. 255p.

COLE, G.A. **Textbook of limnology**. St. Louis. Ed. Mosby Company, 1975. 427p.

DODDS, W.K. Misuse of inorganic N and soluble reactive P to indicate nutrient status of surface waters. **Journal of the North American Benthological Society**, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2003.

EGGERT, A.; VISSER, R.J.W.; VAN HASSELT, P.R.; BREEMAN, A.M. Differences in acclimation potential of photosynthesis in seven isolates of the tropical to warm temperate macrophyte *Valonia utricularis* (Chlorophyta). **Phycologia**, v. 45, p. 546-556, 2006.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro. 3ª ed. Interciência, 2011. 790p.

FELISBERTO, S.A.; RODRIGUES, L. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 3, p. 215-223, 2005.

GALINKIN, M. **Geogoiás**. Goiânia. Ed. Agência Ambiental de Goiás: Fundação CEBRAC:PNUMA: SMARH, 2002. 272p.

HOLTAN, H.; KAMP-NIELSEN, L.; STUANES, A.O. Phosphorus in soil, water and sediment: an overview. **Hydrobiologia**, p. 170: 19-34, 1988.

HUSZAR, V.L.M.; CARACO, N.F.; ROLAND, F.; COLE, J.J. Nutrient-chlorophyll relationships in tropical-subtropical lakes: do temperate models fit?. **Biogeochemistry**, v.79, n.1, p. 239-250, 2006.

JAMES, R.T.; HAVENS, K.; ZHU, G.; QIN, B. Comparative analysis of nutrients, chlorophyll and transparency in two large shallow lakes (Lake Taihu, P.R. China and Lake Okeechobee, USA). **Hydrobiologia**, v. 627, p. 211–231, 2009.

JENSEN, H.S.; KRISTENSEN, P.; JEPPESEN, E.; SKYTCHE A. Iron: phosphorus ratio in surface sediments as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 235, p. 731–743, 1992.

JEPPESEN, E.; MEERHOFF, M.; DAVIDSON, T.A.; TROLLE, D.; SØNDERGAAR, M.; LAURIDSE, T.L.; BEKLIOGLU, M.; BRUCET, S.; VOLTA, P.; BERGONZONI-GONZÁLEZ, I.; NIELSEN, A. Climate change impacts on lakes: an integrated ecological perspective based on a multi-faceted approach, with special focus on shallow lakes. **Journal of Limnology**, v. 22, p. 1077-1082, 2014.

KALFF J. **Limnology: Inland Water Ecosystems**. New Jersey. Prentice Hall, 2002. 592p.

KHAN, F.A.; ANSARI, A.A. Eutrophication: an ecological vision. **The Botanical Review**, v. 71, n. 4, p. 449-482, 2005.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

- KRUPEK, R.A.; BRANCO, C.C.Z.; PERES, C.K. Variação sazonal de alguns parâmetros físicos e químicos em três rios pertencentes a uma bacia de drenagem na região centro-sul do Estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 4, p. 431-438, 2008.
- LOBATO, E.J.V.; SACRAMENTO, G.L.; ANDRADE, R.S.; ALEIXO, V.; GONÇALVES, V.A. **Atlas climatológico do Estado de Goiás**. Goiânia. Ed. UFG, 2002. 99p.
- LOW-DÉCARIE, E.; FUSSMANN, G.F.; BELL, G. Aquatic primary production in a high-CO₂ world. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 29, n. 9, p.223-232, 2014.
- LUCCA, J.V.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; ROCHA, O. Spatial heterogeneity and temporal changes of abiotic factors, in Lake Caçó, Maranhão state, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 20, n. 2, p. 89-97, 2008.
- MACÊDO, J.A.B. **Águas e Águas**. 2ed. Belo Horizonte. Ed. CRQ-MG, 2004. 977p.
- MARTINS, F.C.O.; FERNANDES, V.O. Estrutura da comunidade de algas periféricas em substrato natural da lagoa da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 11-20, 2007.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **Multivariate Analysis of Ecological Data Version 3.0**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA, 1997.
- MERCANTE, C.T.J.; CABIANCA, M.A.; SILVA, D.; COSTA, S.V.; ESTEVES, K.E. Water quality in fee-fishing ponds located in the metropolitan region of São Paulo city, Brazil: an analysis of the eutrophication process. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 16, n. 1, p. 95-102, 2004.
- MERCANTE, C.T.J.; TUCCI-MOURA, A. Comparação Entre os Índices de Carlson e de Carlson Modificado Aplicados a dois Ambientes Aquáticos Subtropicais, São Paulo, SP. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 11, n. 1, p. 1-14, 1999.
- MISCHKEL, U; NIXDORF, B. Equilibrium phase conditions in shallow German lakes: How Cyanoprokaryota species establish a steady state phase in late summer, **Hydrobiologia**, v. 502, p. 123-132, 2003.
- MORAIS, R.P.; OLIVEIRA, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; PINHEIRO, R.C.D. Morfometria de sistemas lacustres da planície aluvial do médio rio Araguaia. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 3, p. 203-213, 2005.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília. MMA. 2006, 132p.

NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S.; OLIVEIRA, L.G. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. **Journal of Plankton Research**, v. 28, n. 2, p. 181-193, 2006.

NABOUT, J.C.; NOGUEIRA, I.S. Distribuição vertical da comunidade fitoplanctônica do lago dos Tigres (Goiás, Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 30, n. 1, p. 47-55, 2007a.

NABOUT, J.C. ; NOGUEIRA I.S. Spatial and temporal dynamics of phytoplankton functional group in a blocked valley (Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 19, n. 3, p. 305-314, 2007b.

NAVAL, L.P.; SOUZA, M.A.A.; SILVA, C.D. F. Comportamento dos Índices de Estado Trófico de Carlson (IET) e Modificado (IETm) no Reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães, Tocantins, Brasil. In: XXIX Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. **Anais...** San Juan: PR, 2004.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ªed. Rio de Janeiro. IBGE, 1989. 422p.

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development. **Eutrophication of water: monitoring, assessment and control**. Paris: OECD, 1982. 154p.

OLIVEIRA, J.E. **Água: qualidade, interações ambientais e implicações socioeconômicas no estudo de caso do Lago dos Tigres (GO)**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012.

PALANIAPPAN, M.; GLEICK, P.H.; ALLEN, L.; COHEN, M.J.; CHRISTIAN-SMITH, J.; SMITH, C. **Clearing the Waters: A focus on water quality solutions**. United Nations Environment Programme/UNON Publishing Services Section: Nairobi, 2010. 88p. Disponível em: <www.unep.org>. Acesso em 17 out., 2016.

PARINET, B.; LHOTE, A.; LEGUBE, B. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management-application to a tropical lake system. **Ecological Modelling**, v. 178, p. 295–311, 2004.

PAUL, W.J; HAMILTON, D.P.; OSTROVSKY, I.; MILLER, S.; ZHANG, A.; MURAOKA, K. Catchment land use and trophic state impacts on phytoplankton composition: a case study from the Rotorua lakes' district, New Zealand. **Hydrobiologia**, v. 698, p. 133-146, 2012.

PERSIC, V.; HORVATIC, J.; HAS-SCHON, E.; BOGUT, I. Changes in N and P limitation induced by water level fluctuations in Nature Park Kopacki Rit (Croatia): nutrient enrichment bioassay. **Aquatic Ecology**, v. 43, p. 27–36, 2009.

REYNOLDS, C.S. **The Ecology of Freshwater Phytoplankton**. New York. Cambridge University Press, 1984. 384p.

REYNOLDS, C.S. **Ecology of phytoplankton**. New York. Cambridge University Press, 2006. 535p.

ROCHA, R.R.A.; THOMAZ, S.M. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 26, n. 3, 261-271, 2004.

ROLAND, F. Produção primária fitoplanctônica. In: BOZELLI, R. L. *et al.* **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. Rio de Janeiro: UFRJ/SBL, 2000, p. 105-117.

SALAS, H.J.; MARTINO, P. **Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación em lagos cálidos tropicales**. Lima. Relatório CEPIS.OPS/OMS, 2001, 60p.

TER BRAAK, C.J.F. (1995) Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; van TONGEREN, O. F. R. (EDS.) **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge. Cambridge University Press, E.U.A., 1995, p. 91-173.

THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C.; BINI, L.M. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influencia dos níveis fluviométricos. In: VAZZOLER AEM, AGOSTINHO AA AND HAHN NS. (EDS), **A planície de inundação do alto Paraná: Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá. EDUEM. NUPELIA, ESTADO, BRA., 1997, p.73–102.

TOLEDO, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. Aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, **Anais...** Camboriú, SC, 1983.

TRENTIN, A.B.; KRAMER, G.; BARBOSA, C.C.F; RUDORFF, C.M.; FILHO, W.P.; NOVO, E.M.L.M. Geoestatística aplicada ao estudo da relação entre profundidade e turbidez no Lago Grande de Curuai/PA. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, **Anais...** Natal, Brasil, 2009, p. 4505-4512.

TRINDADE, P.B.C.B.; MENDONÇA, A.S.F. Eutrofização em reservatórios – Estudo de caso: reservatório de Rio Bonito (ES). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p 275-282, 2014.

TUNDISI, J.G. ; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia**. Ed. Oficina de Textos, 2008. 632p.

VERCELLINO, I.S.; BICUDO, D.C. Sucessão da comunidade de algas perifíticas em reservatório oligotrófico tropical (São Paulo, Brasil): comparação entre período seco e chuvoso. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n.3, p. 363-377, 2006.

VIEIRA, P.A.; FERREIRA, M.E.; FERREIRA, L.G. Modelagem dinâmica da paisagem aplicada na análise de uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Vermelho, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.67, n.6, p.1217-1230, 2015.

VOLLENWEIDER, R.A. Eutrophication. Notes distributed during the II Meeting of the Regional Project on the Eutrophication of Tropical Lakes. Brasilia, Brazil. CEPIS, 1983.

VON SPERLING, M. (1996) **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. n. 1, 2 ed. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 1996. 243p.

WANG, H.J.; LIANG, X.M.; JIANG, P.H.; WANG, J.; WU, S.K.; WANG, H.Z. TN: TP ratio and planktivorous fish do not affect nutrient-chlorophyll relationships in shallow lakes. **Freshwater Biology**, v. 53, p. 935-944, 2008.

