

Considerações limnológicas sobre um lago da planície de inundação amazônica (lago Catalão – Estado do Amazonas, Brasil)

Fabiane Ferreira de Almeida e Sérgio Melo*

*Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Av. André Araújo, 2936, 69060-001, Manaus, Amazonas, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: sergio.melo@pesquisador.cnpq.br*

RESUMO. Este estudo aborda a variação temporal (sazonal, semanal e nictemeral) e espacial de algumas variáveis limnológicas na região limnética do lago Catalão, um lago da planície de inundação do rio Amazonas. Foram analisados os valores de temperatura, zona eufótica, zona de mistura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, transparência, nitrogênio e fósforo total, amostrados em quatro estações, em escala semanal, durante um mês no período de seca de 2006 e um mês no período de cheia de 2007. Regressões simples foram realizadas para testar a hipótese da homogeneização de ambientes aquáticos em função da inundação. Foram analisados, também, os valores de temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica em um perfil vertical ao longo de um ciclo nictemeral na seca e outro na cheia. Os resultados confirmam a importância do pulso de inundação na dinâmica das variáveis físicas e químicas no lago. A ACP indicou que o maior gradiente das variáveis físicas e químicas na seca foi o espacial. Já na cheia, o padrão de comportamento foi temporal. As regressões indicaram homogeneização do ambiente em função da inundação. Os resultados das análises nictemerais indicam que o lago Catalão apresenta comportamento polimítico na seca e oligomítico na cheia.

Palavras-chave: variáveis limnológicas, variação nictemeral, planície de inundação, variação sazonal, pulso de inundação, Amazônia Brasileira.

ABSTRACT. *Limnological considerations about an Amazonian floodplain lake (Catalão lake – Amazonas State, Brazil).* The temporal and spatial variation of some limnological variables in the limnetic zone of an Amazonian floodplain lake, Catalão Lake, was studied. The following parameters were measured weekly during the dry period of 2006 and the flood period of 2007: water temperature, euphotic zone, mixing zone, electrical conductivity, dissolved oxygen, water transparency and total phosphorus and nitrogen. Simple regressions were carried out to test the hypothesis of environmental homogeneity as a function of flooding. Also, diel temperature, dissolved oxygen and electric conductivity profiles were studied during the dry period and in the flood period. The results show the importance of the flood pulse in the variation of the physical and chemical variables in the lake. The PCA indicated that, during the dry period, the physical and chemical variables had a stronger spatial pattern of distribution, while during the flood period, the pattern was temporal. The regressions indicated the homogeneity of the environment as a function of flooding. The results of the diel cycles seem to indicate that Catalão lake has a polymictic and oligomictic behavior during the dry and flood periods, respectively.

Key words: limnological variables, diel variation, flood plain lake, seasonal variation, flood pulse, Brazilian Amazon.

Introdução

As planícies de inundação amazônicas apresentam grande número de lagos de tamanho e forma variados, submetidos ao pulso de inundação anual, uma das maiores forças controladoras da dinâmica dos ecossistemas aquáticos (JUNK et al., 1989). Em função da flutuação temporal do nível hidrométrico dos rios, podem ser delimitados quatro períodos durante o ciclo sazonal (BITTENCOURT; AMADIO, 2007). Os dois períodos extremos são o de

seca (águas baixas) e o de cheia (águas altas). Na seca, os lagos apresentam menor volume de água e podem ou não ter comunicação com o rio. Já no período de cheia, são observadas características, geralmente, opostas às da seca, destacando-se grande aporte de água dos rios para os ambientes lacustres, o que pode tornar suas características limnológicas mais homogêneas, segundo a hipótese de homogeneização proposta por Thomaz et al. (2007).

Em associação com o grau de interferência dos rios adjacentes, podem ser observadas grandes mudanças nos

processos ecológicos dos lagos de inundação ao longo do ciclo sazonal. Entre estas mudanças, podem ser destacadas aquelas relacionadas à disponibilidade de recursos e ao padrão de mistura da massa de água, fato este relacionado, entre outros fatores, à estrutura térmica da coluna de água. Nestes ambientes, além das possíveis variações nictemerais, que em lagos tropicais podem ser comparáveis com as variações sazonais nos lagos temperados (GANF; HORNE, 1975; BARBOSA et al., 1989; TALLING, 1992; PATTERSON; WILSON, 1995), as variações sazonais tornam-se importantes pela influência do pulso de inundação.

Trabalhos realizados em lagos de inundação amazônicos, abordando aspectos limnológicos em escala sazonal e/ou nictemeral (TUNDISI et al., 1984; MACINTYRE; MELACK, 1988; MELACK; FISHER, 1990; ESTEVES et al., 1994; MELO; HUSZAR, 2000; MELO et al., 2004; DARWICH et al., 2005) têm evidenciado tanto a importância nictemeral quanto a sazonal em relação ao padrão de mistura da coluna d'água e à distribuição de alguns organismos planctônicos. A coluna d'água tende a permanecer termicamente estratificada por um período maior na cheia, dificultando a sua circulação total, enquanto na seca, geralmente, apresenta circulação diária quando a profundidade não excede 4-5 m.

Embora os conhecimentos limnológicos sobre os lagos de inundação amazônicos tenham se expandido nas últimas décadas, estudos que englobam diferentes escalas amostrais são escassos. Neste sentido, foi realizado o presente trabalho com o objetivo de analisar as variações temporais (nictemeral, semanal e sazonal) e espaciais (horizontal e vertical) de algumas características limnológicas de um lago de inundação de águas mistas. Além disso, propôs-se testar a hipótese da homogeneização dos ecossistemas aquáticos em função da inundação.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado no lago Catalão (Figura 1), um lago de inundação amazônico situado

entre os rios Negro e Solimões ($3^{\circ}10'04''S$ e $59^{\circ}54'45''W$), na região de Manaus, Estado do Amazonas; submetido à inundação periódica, com aporte de águas de ambos os rios, é considerado, portanto, um lago de águas mistas (brancas e pretas).

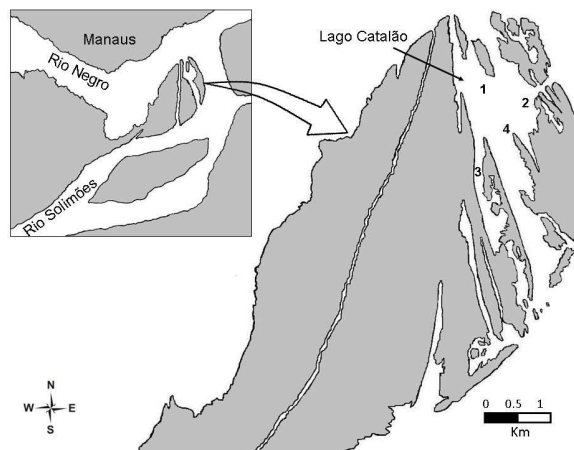


Figura 1. Mapa da área de estudo e localização das estações de amostragem no Lago Catalão (1-4).

As amostragens foram realizadas em quatro estações na zona limnética do lago (Figura 1), em três profundidades (superfície [profundidade 1], meio [profundidade 2] e fundo [profundidade 3]), durante quatro semanas consecutivas no período de seca (outubro-novembro de 2006), momento em que o lago estava isolado dos rios adjacentes, e quatro semanas consecutivas no período de cheia (abril-maio de 2007), quando o lago sofria maior influência dos dois rios.

A definição dos períodos de amostragens foi baseada na variação do nível hidrométrico do rio Negro (Figura 2), de acordo com BITTENCOURT; AMADIO (2007). Já a definição das estações de coletas foi efetuada para abranger a maior área possível do lago e de modo que elas pudessem ser amostradas nos dois períodos do ciclo hidrológico, considerando a grande diminuição da lâmina de água no período de seca. A Tabela 1 apresenta as coordenadas de cada estação de coleta e suas respectivas características.

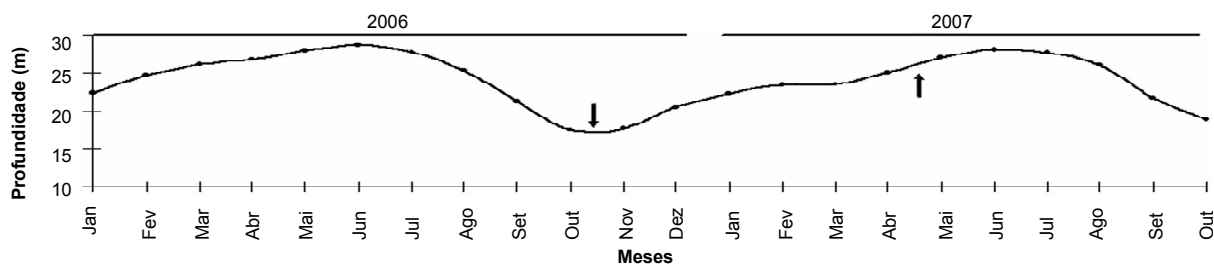


Figura 2. Variação do nível hidrométrico do rio Negro. As setas indicam as épocas de amostragem.

Tabela 1. Coordenadas geográficas e principais características das quatro estações de coletas analisadas ao longo da região limnética do lago Catalão.

Estação	Latitude	Longitude	Características principais
1	3° 9' 41.20"	59° 54' 54.20"	localiza-se mais ao norte do lago próximo ao canal de conexão com o rio Negro;
2	3° 9' 45.68"	59° 54' 35.78"	localiza-se mais ao leste no lago, próximo à região por onde ocorre uma das entradas do rio Solimões;
3	3° 10' 06.85"	59° 55' 01.71"	localizada na região mais rasa do lago, margeada pela floresta de várzea, em uma área mais isolada e influenciada por búfalos (<i>Bubalus bubalis</i>);
4	3° 9' 59.30"	59° 54' 37.80"	localiza-se na região Centro-leste do lago, é a região mais profunda.

No campo, foram medidos os valores de profundidade da estação de coleta e da extinção do disco de Secchi, e os valores de temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica, nas três profundidades definidas, utilizando equipamentos da marca YSI, modelo 63 e modelo 55. No período de cheia, apenas, foram coletados 500 mL de água em cada estação e em cada profundidade para a análise de nitrogênio total (NT) e fósforo total (PT). Nos dois períodos de estudo foi realizada uma amostragem, ao longo de um ciclo nictemeral de 4 em 4h, dos valores de temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, na estação central e mais profunda do lago (4). Um perfil vertical foi realizado a cada 0,5 m na seca e a cada 1 m na cheia, até o fundo do lago.

Posteriormente, foi estimada a zona de mistura (Z_{mix}), a zona eufótica (Z_{eu}) e a razão $Z_{mix}:Z_{eu}$, com base em Naselli-Flores (2000), e mensuradas as concentrações de NT e PT, segundo as técnicas de Golterman et al. (1978). Visando sintetizar os dados das variáveis limnológicas e analisar as diferenças temporais e espaciais ao longo do estudo, foi realizada uma ordenação utilizando a análise de componentes principais (ACP). A ACP foi baseada na matriz de correlação e realizada no programa Pc-ORD (McCUNE; MEFFORD, 1997).

A escolha do número de eixos na ACP para a representação das variáveis foi definida em função da porcentagem de explicação da variabilidade dos dados proporcionada por cada um dos componentes principais (eixos), priorizando uma representação em duas dimensões, o que torna a visualização e o entendimento mais fáceis (HAIR et al., 2005).

Para testar a hipótese da homogeneização dos ecossistemas aquáticos em função da inundação, proposta por Thomaz et al. (2007), foram realizadas regressões simples (ZAR, 1974). Nas regressões, foram utilizados os coeficientes de

variação espacial (entre as estações amostradas) de oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura e transparência da água, obtidos em cada semana de amostragem, em ambos os períodos sazonais *versus* a profundidade média do lago no momento da amostragem. Para tanto, foi utilizada a seguinte equação: $Y = a + bx$, em que: Y = coeficiente de variação espacial das variáveis físicas e químicas; x = profundidade média do lago no momento da amostragem; a = intercepto; b = coeficiente da regressão.

Resultados e discussão

Varição sazonal e espacial

A profundidade das estações de coletas variou de 0,8 m, na Estação 3, a 6 m, na Estação 4, no período de seca, e de 6 m, na Estação 2, a 14 m, na Estação 4, no período de cheia (Figura 3a), seguindo os valores de flutuação do nível hidrométrico do rio Negro. Por outro lado, os valores de temperatura da água apresentaram pequenas variações sazonais; no entanto, verticalmente, na cheia, apresentaram maiores valores na superfície (Figura 3d). Já o oxigênio dissolvido apresentou valores, ligeiramente, maiores no período de cheia, especialmente na primeira profundidade, e a condutividade elétrica mostrou valores maiores na seca (Figura 3e e f). Em relação aos nutrientes, os maiores valores foram constatados na última semana de amostragem (Figura 4).

Com base na ACP, na seca, os dois componentes principais explicaram 67% da variação total dos dados (Figura 5a). O primeiro componente parece indicar a variação espacial. A variável correlacionada negativamente com o primeiro eixo foi o oxigênio dissolvido, que apresentou os maiores valores na Estação 1 (Figura 3e), enquanto a profundidade foi correlacionada positivamente. As variáveis que influenciaram a formação do segundo eixo foram temperatura e transparência, correlacionadas negativamente, e condutividade e razão $Z_{mix}:Z_{eu}$, correlacionadas positivamente.

A ACP evidenciou quatro grupos distintos (Figura 5). O primeiro formado pela Estação 3, que apresentou os maiores valores de condutividade elétrica e razão $Z_{mix}:Z_{eu}$. Já em relação ao oxigênio dissolvido, esta estação apresentou maiores valores se comparada à Estação 4. Por outro lado, apresentou menores valores de transparência e temperatura (Figuras 3 e 5a).

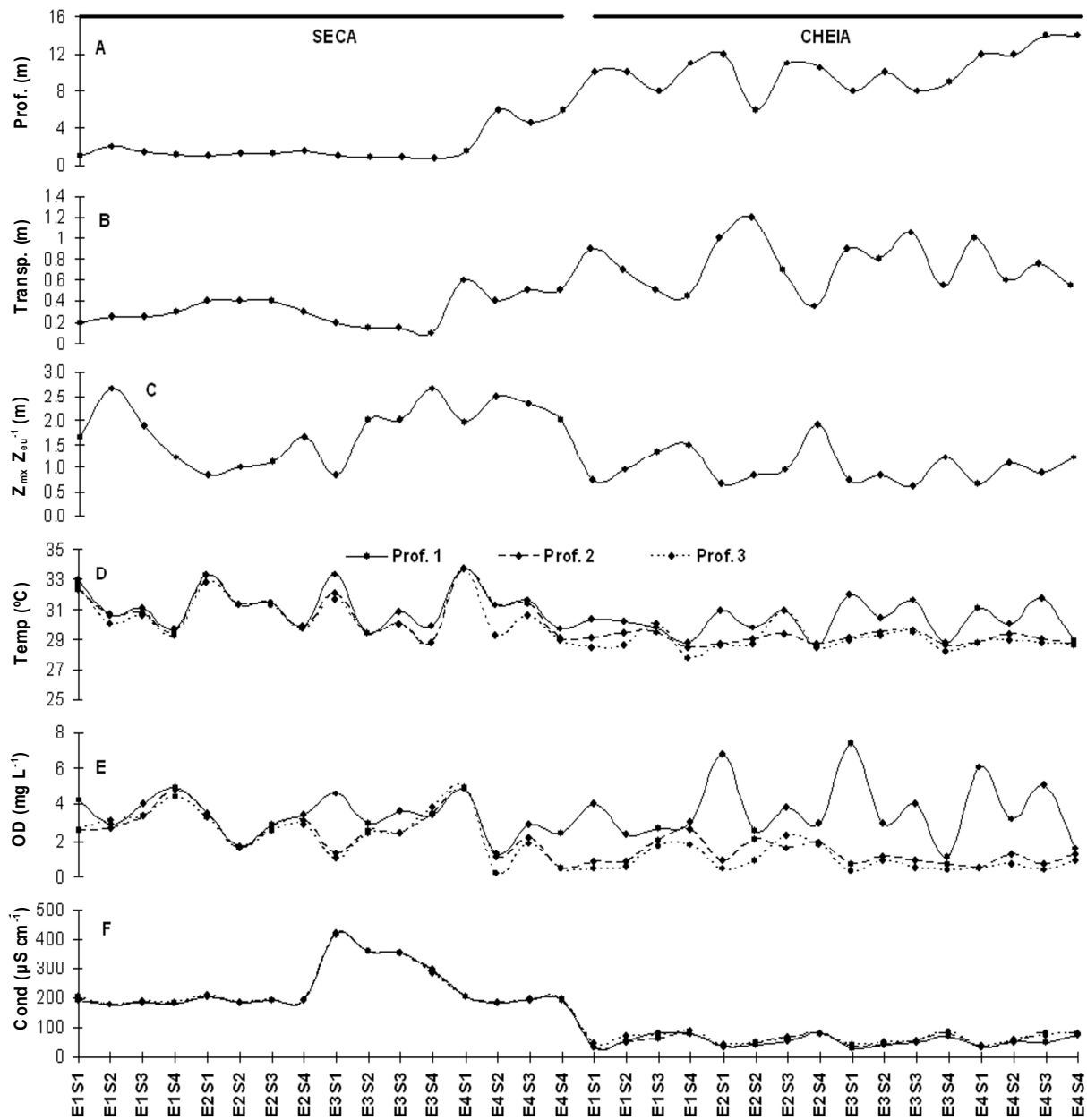


Figura 3. Variáveis limnológicas amostradas no lago Catalão no período de seca e cheia. Nos códigos: E = estação de amostragem; S = semana de amostragem.

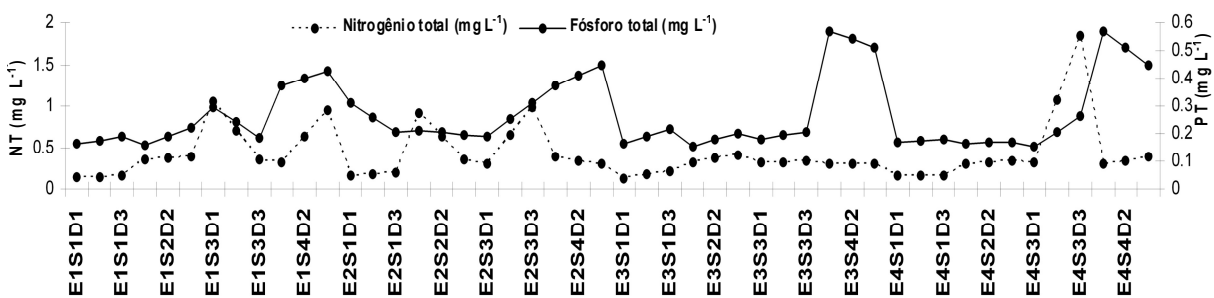


Figura 4. Variação das concentrações de Nitrogênio e Fósforo totais – cheia/2007. Nos códigos: E = estação de amostragem; S = semana de amostragem; D = profundidade de amostragem.

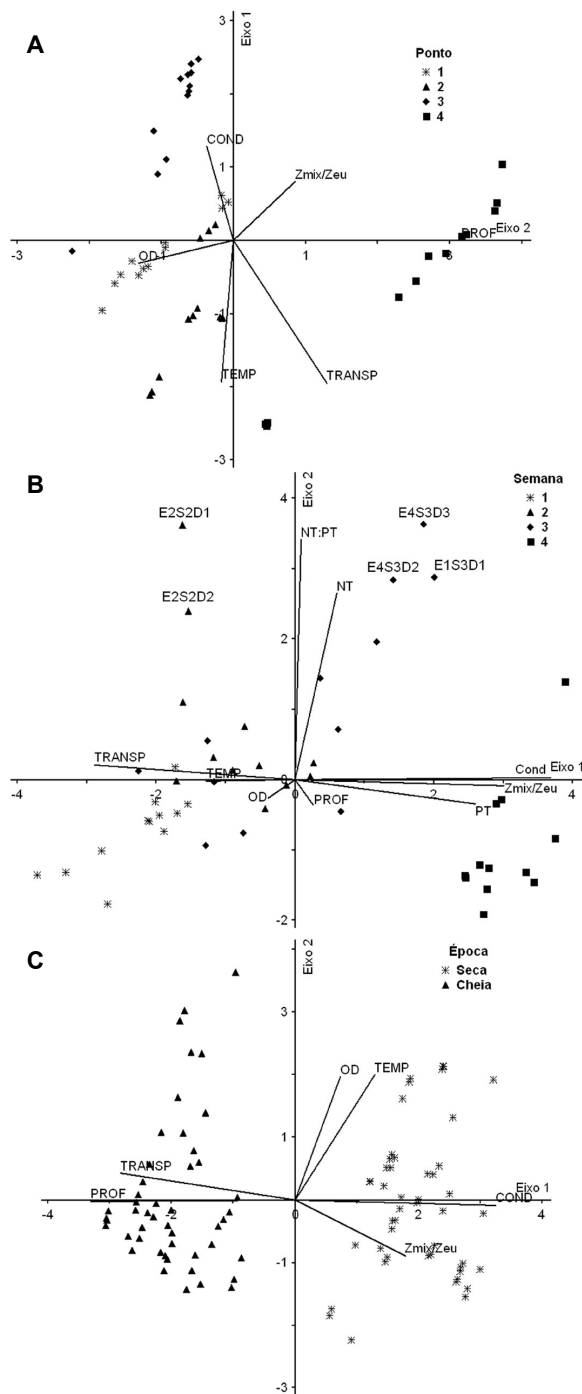


Figura 5. Diagramas de ACP sintetizando os dados das variáveis físicas e químicas amostradas na seca (A), cheia (B), seca e cheia (C). Nos códigos: E: estação de amostragem; S: semana de amostragem; D: profundidade de amostragem.

Os maiores valores de condutividade elétrica e os menores de transparência podem estar associados ao fato da estação apresentar menor profundidade, estando mais exposta à ação do vento e de búfalos (*Bubalus bubalis*) que podem eventualmente caminhar pelo lago. Fatores estes que favorecem a ressuspensão de sedimentos para conduzir a uma

redução nos valores de transparência da água e aumento nos valores de condutividade elétrica (Figuras 3b e f).

A influência de animais na ressuspensão de sedimentos também foi observada em outros estudos, como, por exemplo, na bacia do rio Paraná, onde capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) eram as principais responsáveis por este evento (OKADA et al., 2003; PAGIORO et al., 1997). Já os maiores valores de oxigênio dessa estação podem estar associados à elevada densidade populacional da cianobactéria *Planktothrix isothrix* (Skuja) Komárek & Komárková registrada na região (dados não publicados).

Por outro lado, a Estação 4, segundo grupo da ACP (Figura 5a), localizada na região mais central do lago, apresentou as maiores profundidades, o que a torna menos susceptível à ação do vento e dos animais. Esta estação apresentou características opostas às da Estação 3, com maiores valores de transparência, razão $Z_{mix}:Z_{eu}$ e profundidade, e menores valores de condutividade elétrica e oxigênio dissolvido (Figura 3). Já o terceiro grupo (Figura 5a) foi formado pela maioria das amostras coletadas na Estação 2, que apresentou os maiores valores de temperatura. Por último, o quarto grupo (Figuras 3d e 5a), formado pela Estação 1, apresentou os maiores valores de oxigênio dissolvido se comparado às demais estações (Figura 3e).

Na cheia, os dois componentes principais explicaram 62% da variação dos dados (Figura 5b). Os resultados mostraram que o primeiro componente principal indica a variabilidade temporal dos dados. As variáveis correlacionadas negativamente com o primeiro eixo (temperatura e transparência, principalmente) indicaram um decréscimo em direção à última semana de amostragem (Figuras 3b e d). As variáveis correlacionadas positivamente com o primeiro eixo foram condutividade, profundidade da zona de mistura e fósforo total, as quais sofreram um acréscimo em direção à semana 4 (Figuras 3c, 3f e 4). O nitrogênio total e a razão NT:PT influenciaram a formação do segundo eixo, ambos correlacionados positivamente com o mesmo.

Em cada semana amostrada, o lago apresentou diferentes características físicas e químicas (Figuras 3 e 5b), originando, no diagrama da ACP, quatro grupos distintos. Na semana 1, o lago apresentou os menores valores de condutividade elétrica, profundidade, $Z_{mix}:Z_{eu}$, PT, NT e NT:PT (Figuras 3a, c e f, Figura 4). Nesta semana, o lago tinha maior influência do rio Negro, ambiente caracterizado por apresentar maiores valores de transparência e menores valores de condutividade elétrica

(GOULDING et al., 2003). Na semana quatro, o lago apresentou os maiores valores de condutividade, profundidade, $Z_{mix}:Z_{eu}$, PT, de acordo com o primeiro eixo, e os menores valores de NT e NT:PT, de acordo com o segundo eixo (Figuras 3, 4 e 5b), resultados que podem estar relacionados à entrada de água do rio Solimões, caracterizado por apresentar menores valores de transparência, maiores valores de nutrientes e condutividade elétrica elevada (GOULDING et al., 2003).

Nas semanas 2 e 3, os resultados foram intermediários entre os obtidos na primeira e na última semana estudada (Figuras 3 e 4). Esta variação temporal foi associada à entrada de água do rio Solimões no lago, fato que proporcionou forte padrão temporal com relação às características físicas e químicas, com a separação das semanas nesta época (Figura 5b).

Maiores valores de NT (Figura 4) foram encontrados nas Estações 2 e 4 nas semanas 2 e 3, respectivamente (Figura 5b). Tal fato pode estar relacionado com a localização destas estações no lago, uma vez que as águas ricas em nutrientes do rio Solimões entram, principalmente, nas direções leste para oeste, sendo sua maior influência observada, inicialmente, a leste do lago, próximo às Estações de amostragem 2 e 4 (Figura 1).

A entrada de água no lago Catalão, provinda dos rios Solimões e Negro, é determinada pelo momento do ciclo hidrológico, sendo o maior aporte do rio Negro no início da cheia, influenciando, especialmente, as Estações de amostragem 1 e 3, que se situam mais a norte e a oeste do lago, respectivamente (Figura 1). Por outro lado, o rio Solimões precisa subir o suficiente para transpor a região de várzea que fica a leste e ao sul do lago, e a sua maior influência foi observada a partir da segunda semana de amostragem, no período de cheia, a leste do lago. Na última semana de amostragem, o lago já havia-se tornado mais homogêneo, com características bem acentuadas de águas brancas, e a influência do rio Negro, naquele momento, era mínima.

Sazonalmente, o lago apresentou características físicas e químicas diferentes entre os dois períodos amostrados. Os dois primeiros eixos da ACP explicaram 78% da variação (Figura 5c), sendo a profundidade e a transparência da água correlacionadas negativamente com o primeiro eixo, enquanto condutividade e razão $Z_{mix}:Z_{eu}$, principalmente, correlacionadas positivamente com o mesmo. As variáveis que influenciaram a formação do segundo eixo foram oxigênio dissolvido e temperatura, correlacionadas positivamente com o mesmo, enquanto razão $Z_{mix}:Z_{eu}$ foi correlacionada

negativamente com o segundo eixo. Na cheia, o lago apresentou os maiores valores de transparência e profundidade, e os menores valores de oxigênio dissolvido, temperatura, condutividade elétrica e razão $Z_{mix}:Z_{eu}$ (Figura 3). Na seca, por outro lado, o lago apresentou características opostas. A Tabela 2 apresenta o valor da correlação das variáveis limnológicas do lago Catalão com os dois primeiros componentes principais para os períodos amostrados.

Tabela 2. Correlação de cada uma das variáveis limnológicas amostradas no lago Catalão com os dois primeiros componentes principais (autovetores). COND: condutividade elétrica; OD: oxigênio dissolvido; TEMP: temperatura; PROF: profundidade; TRANSP: transparência; $Z_{mix}:Z_{eu}$: razão entre zona de mistura e zona eufótica; NT: nitrogênio total; PT: fósforo total; NT:PT: razão entre NT e PT. Coeficientes em negrito são importantes para a formação do componente. *porcentagem de explicação de cada eixo.

Variáveis	Seca		Cheia		Seca e Cheia	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
	37%*	30%*	42%*	20%*	56%*	22%*
COND	-0,395	0,355	0,484	0,062	0,491	-0,141
OD	-0,380	-0,273	-0,191	-0,168	0,257	0,590
TEMP	-0,147	-0,603	-0,330	-0,033	0,313	0,601
PROF	0,628	0,072	0,142	-0,222	-0,489	-0,049
TRANSP	0,435	-0,510	-0,437	0,171	-0,467	0,300
$Z_{mix}:Z_{eu}$	0,303	0,410	0,442	-0,110	0,367	-0,420
NT	-	-	0,198	0,599	-	-
PT	-	-	0,406	-0,222	-	-
NT:PT	-	-	0,078	0,682	-	-

As regressões utilizadas para testar a hipótese da homogeneização do ambiente em função da inundação indicaram forte e significativa influência da profundidade sobre os coeficientes de variação (C.V.) das variáveis físicas e químicas utilizadas na análise (Tabela 3). Os menores valores de C.V. foram encontrados no período de cheia, indicando, assim, a homogeneização do ambiente neste período, como proposto por Thomaz et al. (2007).

Tabela 3. Valores encontrados para a análise de regressão simples entre profundidade (prof.) e coeficientes de variação (C.V.) das variáveis físico-químicas.

Relação analisada	Valor r^2	Valor r	Valor p
C.V. oxigênio dissolvido x prof.	0,53	-0,73	0,03
C.V. condutividade x prof.	0,86	-0,93	0,0008
C.V. temperatura x prof.	0,52	-0,72	0,04
C.V. transparência x prof.	0,78	-0,88	0,003

Com base nos resultados apresentados, foi observado que a maior tendência de variação na cheia foi a temporal, ao contrário do observado para a seca. Isto se explica pelo aporte de grande volume de água dos rios Negro e Solimões para o lago durante a inundação, provocando homogeneização espacial no sistema e reduzindo, assim, as diferenças entre os compartimentos. Ao contrário, no período

de seca, quando as trocas entre os compartimentos são reduzidas pelo menor escoamento da água, ocorre aumento nas diferenças existentes entre estações, sendo estas ressaltadas neste estudo.

Varição nictemeral

Na seca, foi observado estratificação térmica durante o dia e desestratificação noturna; registrou-se uma diferença de temperatura entre a superfície e o fundo no horário de 15h de 3°C, enquanto de madrugada (3h), a coluna d’água não apresentou diferença de temperatura entre superfície e fundo (Figura 6a). Tais resultados refletem a ação do aquecimento diurno e do resfriamento noturno pela perda de calor nas camadas superficiais associada ao resfriamento da temperatura atmosférica, o que pode resultar na mistura da massa de água (MACINTYRE; MELACK, 1984).

Já no período de cheia, mesmo com a perda de calor noturno, esta não foi suficiente para que a temperatura se tornasse homogênea ao longo de toda a coluna de água (Figura 6d). A amostragem das 2h apresentou ambiente estratificado, com uma diferença de temperatura entre superfície e fundo de 1,5°C. Esta diferença dificulta a mistura

da coluna de água, considerando que o gradiente de densidade da água entre as profundidades permanece alto pelos elevados valores de temperatura. Constitui-se, assim, uma estrutura resistente à circulação, associada aos ventos com baixa velocidade, conforme mencionado por Melo e Huszar (2000) para um lago de inundação amazônico com valores de temperatura similares aos registrados no presente estudo.

Conforme esperado, com base nos gradientes térmicos, a distribuição do oxigênio na coluna de água apresentou-se estratificada nos dois períodos, sendo mais acentuada no período de cheia. As maiores concentrações foram encontradas, principalmente, na segunda metade do dia, no primeiro metro de profundidade; as menores, no final da noite (Figura 6b e e). Padrão este semelhante ao descrito por Schmitdt (1973) no lago Castanho na Amazônia Central. Comportamento que pode estar associado à diminuição da atividade fotossintética e/ou aumento do consumo pela respiração nas camadas superiores (DARWICH et al., 2005).

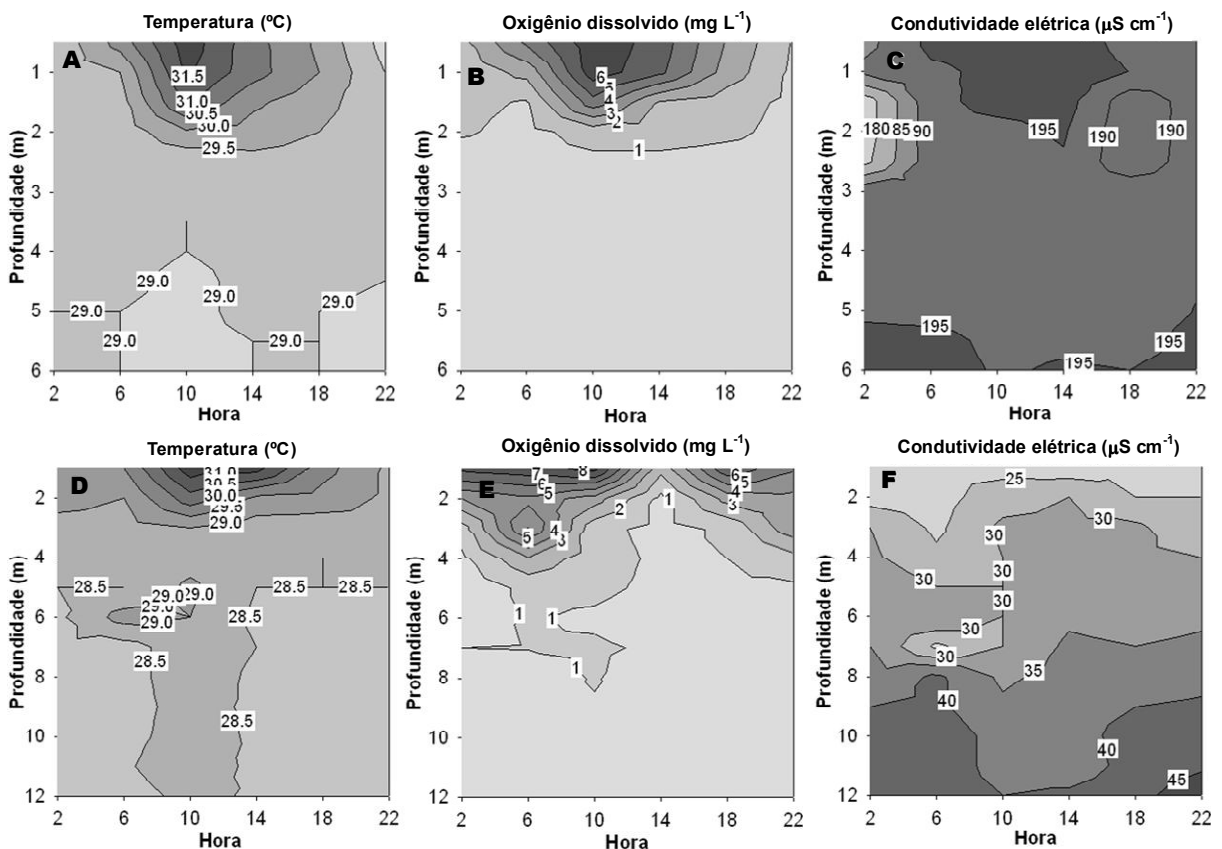


Figura 6. Variação nictemeral da temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade elétrica no período de seca (a-c) e de cheia (d-f) no lago Catalão.

No período de seca, às 15h a amplitude de variação entre os valores da superfície e do fundo foi de $6,6 \text{ mg L}^{-1}$ de OD, formando uma oxiclina bastante estável que se apresentou em profundidade média de 2 m (Figura 6b). Padrão semelhante ao registrado na cheia, no horário de 14h, quando o oxigênio apresentou diferença entre a superfície e o fundo de $7,69 \text{ mg L}^{-1}$, indicando uma oxiclina muito estável (Figura 6b); neste período, em média foi registrado condição de anoxia sempre abaixo de 4 m. Na seca, o OD alcançou os valores mínimos na superfície às 3 e às 7h ($1,66$ e $0,98 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente) quando toda a coluna de água ficou próxima da anoxia.

No período de cheia, é importante destacar que as amostragens de 22, 2 e 6h registraram valores atípicos de oxigênio dissolvido, ou seja, valores elevados se comparados aos registrados durante o dia. Tais resultados podem estar associados a fortes ventos ocorridos durante as coletas, às 22 e 2h, e ao fato de a coleta das 6h ter sido precedida por uma forte chuva, eventos que podem ter facilitado a difusão do oxigênio da atmosfera para a coluna de água. Porém, não foram suficientes para permitir a circulação da massa de água, tendo em vista que a amostragem de 2h indicou uma acentuada diferença entre o OD superficial e o do fundo, $6,46 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 6e).

Os valores de condutividade elétrica registrados na seca foram mais elevados se comparados aos encontrados na cheia. No período de seca, esta variável não apresentou grandes variações diárias e verticais (Figura 6c). Já no período de cheia, embora não tenham sido registradas grandes variações diárias, a variação vertical foi bastante acentuada (Figura 6f), apresentando valores superficiais de $25 \mu\text{S cm}^{-1}$ e no fundo de até $45 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Os maiores valores de condutividade elétrica registrados no período de seca e no fundo do lago no período de cheia podem estar associados aos processos de decomposição de matéria orgânica que disponibilizam nutrientes para aquela região, à matéria orgânica depositada, além dos nutrientes que são liberados para a coluna de água pela interface sedimento-água, eventos destacados por Melack e Forsberg (2001).

O regime de circulação da massa de água nos lagos de inundação amazônicos tem sido relacionado às condições hidrográficas e hidrológicas, entre estas principalmente a variação anual do nível hidrométrico. A mistura diária da coluna de água é esperada em lagos com profundidade inferior a 4-5 m e estratificação por um período maior em ambientes com profundidade superior a 4-5 m (TUNDISI et al., 1984; MACINTYRE; MELACK,

1984; 1988; MELACK; FISHER, 1990). De fato, os resultados obtidos neste estudo mostram que uma completa circulação do lago Catalão ocorreu no período de menor profundidade, e uma estratificação por mais de 24h, no período de maior profundidade.

Por último, considerando as flutuações das variáveis físicas e químicas nas duas fases do ciclo hidrológico analisadas, conclui-se que o lago Catalão apresentou grandes diferenças horizontais e uma tendência à mistura da massa de água na seca; já na cheia, as maiores diferenças observadas foram as temporais (semanas) e verticais. Esses resultados evidenciam forte influência do pulso de inundação sobre a dinâmica temporal (sazonal, semanal e nictemeral), espacial (vertical e horizontal) das variáveis físicas e químicas.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Clima e Recursos Hídricos do INPA, pela realização das análises de Nitrogênio e Fósforo; à Capes e ao CNPq (Proc: 473699/2004-4), pelos auxílios financeiros e bolsas recebidas pelos autores; à Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática (CPBA-INPA) e ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior (BADPI-INPA), pelo apoio logístico. A Wellington Pedroza e Pedro Caraballo, pelo auxílio nas coletas nictemerais.

Referências

- BARBOSA, F. A. R.; TUNDISI, J. G.; HENRY, R. Diel variations in a shallow tropical Brazilian lake. II. Primary production, photosynthetic efficiency and chlorophyll *a* content. **Archiv fur Hydrobiologie**, v. 116, n. 4, p. 435-448, 1989.
- BITTENCOURT, M. M.; AMADIO, S. A. Proposta para a identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do rio Solimões – Amazonas nas proximidades de Manaus. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 303-308, 2007.
- DARWICH, A. J.; APRILE, F. M.; ROBERTSON, B. A. Variáveis limnológicas: contribuição ao estudo espaço-temporal de águas pretas amazônicas. In: SANTOS-SILVA, E. N.; APRILE, F. M.; SCUDELLER, V. V.; MELO, S. (Org.). **BioTupé: meio físico, diversidade biológica e sociocultura do Baixo Rio Negro Amazônia Central**. Manaus: INPA, 2005. cap. 2, p. 20-33.
- ESTEVES, F. A.; THOMAZ, S. M.; ROLAND, R. Comparison of the metabolism of two floodplain lakes of the Trombetas River (Pará, Brazil) based on a study of diel variation. **Amazoniana**, v. 13, n. 1/2, p. 33-46, 1994.
- GANF, G. G.; HORNE, A. J. Diurnal stratification, photosynthesis and nitrogen fixation in a shallow, equatorial lake (Lake George, Uganda). **Freshwater Biology**, v. 5, n. 1, p. 13-39, 1975.

- GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh waters**. 2. ed. Oxford: Blackwell, 1978. (IBP Handbook, 8).
- GOULDING, M.; BARTHEM, R.; FERREIRA, E. J. G. **The Smithsonian: atlas of the Amazon**. London: Princeton Editorial Associates Inc., 2003.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHA, R. L. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river floodplain systems. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, p. 110-127, 1989
- MACINTYRE, S.; MELACK, J. M. Vertical mixing in Amazon floodplain lakes. **Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 22, p. 1283-1287, 1984.
- MACINTYRE, S.; MELACK, J. M. Frequency and depth of vertical mixing in an Amazon floodplain lake (L. Calado, Brazil). **Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v. 23, p. 80-85. 1988.
- McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate analysis of ecological data: version 3.0**. Oregon: Gleneden Beach, 1997.
- MELACK, J.; FISHER, T. R. Comparative limnology of tropical floodplain lakes with an emphasis on the Central Amazon. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 3, n. 1, p. 1-48, 1990.
- MELACK, J. M.; FORSBERG, B. R. Biogeochemistry of Amazon floodplain lakes and associated wetlands. In: McCLAIN, M. E.; VICTORIA, R. L.; RICHEY, J. E. (Ed.). **The biogeochemistry of the amazon basin**. Oxford: Oxford University Press, 2001. cap. 14, p. 235-274.
- MELO, S.; HUSZAR, V. L. Phytoplankton in a Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): Diel variation and species strategies. **Journal of Plankton Research**, v. 22, n. 1, p. 63-76, 2000.
- MELO, S.; HUSZAR, V. L. M.; ROLAND, F.; ESTEVES, F. A.; BOZELLI, R. L. Phytoplankton diel variation and vertical distribution in two Amazonian floodplain lakes (Batata lake and Mussurá lake, Pará, Brasil) with different mixing regimes. **Amazoniana**, v. 18, n. 1-2, p. 1-10, 2004.
- NASELLI-FLORES, L. Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. **Hydrobiologia**, v. 424, n. 1-3, p. 1-11, 2000.
- OKADA, E. K.; AGOSTINHO, A. A.; PETRERE JR., M.; PENCZAK, T. Factors affecting fish diversity and abundance in drying ponds and lagoons in the upper Paraná river basin, Brazil. **Ecology and Hydrobiology**, v. 3, n. 1, p. 97-110, 2003.
- PAGIORO, T. A.; ROBERTO, M. C.; LANSAC-TÔHA, F. A. Comparative limnological analysis of two lagoons on the floodplain of the upper Paraná river, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 23, n. 3, p. 229-239, 1997.
- PATTERSON, G.; WILSON, K. K. The influence of diel climatic cycle on the depth-time distribution of phytoplankton and photosynthesis in a shallow equatorial lake (Lake Baringo, Kenya). **Hydrobiologia**, v. 304, n. 1, p. 1-8, 1995.
- SCHMIDT, G. W. Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. III. Primary production of phytoplankton in a tropical flood plain lake of central Amazonia, Lago do Castanho, Amazonas, Brasil. **Amazoniana**, v. 4, n. 4, p. 379-404, 1973.
- TALLING, J. F. Environmental regulation in African shallow lakes and wetlands. **Revue d' Hydrobiologie Tropicale**, v. 25, n. 2, p. 87-144, 1992.
- THOMAZ, S. M.; BINI, L. M.; BOZELLI, R. L. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems **Hydrobiologia**, v. 579, n. 1, p. 1-13, 2007.
- TUNDISI, J. G.; FORSBERG, B. R.; DEVOL, A. H.; ZARET, T. M.; TUNDISI, T. M.; SANTOS, A.; RIBEIRO, J. S.; HARDY, E. R. Mixing patterns in Amazon Lakes. **Hydrobiologia**, v. 108, n. 1, p. 3-15, 1984.
- ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1974.

Received on August 1, 2008.

Accepted on November 19, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.