

## Capítulo 2

## Meio Físico

# Considerações sobre o regime nictemeral de temperatura e oxigênio dissolvido em um lago de água preta no baixo rio Negro, Amazonas

<sup>1</sup>Barbara Ann ROBERTSON  
*e-mail: barbara@inpa.gov.br*

<sup>1</sup>Assad José DARWICH  
*e-mail: darwich@inpa.gov.br*

<sup>1</sup>Coordenação de Pesquisas em Biodiversidade - CBIO -  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA

Resumo: Estudos nictemerais da distribuição vertical de temperatura e oxigênio dissolvido foram realizados em um lago de água preta durante o período da seca (novembro) de 2001 e 2002 e durante no período da cheia (junho) de 2002 e 2003. Os menores valores de temperatura na superfície sempre foram observados às 06:00 horas e os mais altos entre 12:00 e 18:00 horas enquanto que, no fundo, a temperatura permaneceu constante, em torno de 27°C. A maior diferença entre a temperatura da superfície e do fundo foi observada, não na cheia, quando o lago estava com 14,0 metros de profundidade, mas na seca, quando o lago estava com quatro metros de profundidade. A média da concentração de oxigênio na superfície em novembro de 2001 foi de 106% e em novembro de 2002 foi 96,4%. No período de águas altas as concentrações de oxigênio na superfície foram bem mais baixas. Em junho de 2002 a concentração média foi 49,6% e em junho de 2003 foi 67,5%. No fundo o oxigênio dissolvido variou pouco, entre 0,3% e 5,4% de saturação.

Palavras-chave: variação nictemeral, temperatura, oxigênio dissolvido, lago de água preta.

## Introdução

Lagos tropicais rasos tendem a estratificar e misturar diariamente (Lewis, 1983; MacIntyre & Melack, 1988). Na Amazônia isto ocorre em lagos de várzea quando estes estão com menos de cinco metros de profundidade, ou seja, tendem a estratificar durante o dia e misturar a noite (Schmidt, 1973; MacIntyre & Melack, 1984; Tundisi *et al.*, 1984; MacIntyre & Melack, 1988). Quando o nível de água aumenta, e os lagos ficam mais fundos, a coluna de água mistura com menos frequência. Por exemplo, MacIntyre & Melack (1988) observaram que quando o lago Calado estava com três metros de profundidade a coluna de água misturava cerca de 80% das vezes. Quando o lago estava com cinco metros de profundidade, a mistura da coluna de água ocorria cerca de 50% das vezes, e quando o lago estava com sete metros ou mais de profundidade, a mistura até o fundo era infrequente. Isto provavelmente ocorre na maioria dos lagos de várzea pequenos ou de médio porte especialmente aqueles que estão protegidos da ação do vento por florestas circundantes. Isto é, o regime de estratificação e mistura nestes lagos é em função, principalmente, da diferença na temperatura da água de dia e de noite.

Em lagos de várzea grandes onde a ação do vento se faz sentir, o regime de estratificação e mistura

da coluna de água é em função, principalmente, da ação do vento (Furch & Junk, 1997). Um exemplo disto foi observado por nós autores deste capítulo, A. Darwich e B. Robertson, no lago do Rei em 1987. O lago do Rei é um lago de várzea localizado na ilha do Careiro, no rio Amazonas, logo abaixo de Manaus. Na cheia de 1987, o lago atingiu 100 km<sup>2</sup> de área e dez quilômetros de comprimento no seu maior eixo. Nesta ocasião, mesmo com nove ou dez metros de profundidade, observamos que o lago estava misturando até o fundo, diariamente.

Uma das consequências de estratificação em uma coluna de água é que o oxigênio no hipolimnion tende a ser consumido rapidamente. Schmidt (1973) observou isto no lago Castanho e, mais tarde, Melack & Fisher (1983) sugeriram que isto parece ser uma condição comum em lagos de várzea, principalmente na enchente e cheia. Isto é, quando lagos de várzea estão com mais de cinco metros de profundidade, a estratificação térmica tende a perdurar, a mistura noturna fica limitada às camadas superficiais e o hipolimnion fica anóxico.

O pouco que se conhece sobre o regime térmico e a distribuição de oxigênio em lagos de água preta aponta para duas vertentes. Uma, que o regime térmico e a distribuição de oxigênio diurno e sazonal em lagos de água



preta são semelhantes aos de lagos de várzea pequenos. Esta é a conclusão de Tundisi *et al.* (1984) que estudaram o lago Cristalino, um pequeno lago de água preta de dois hectares do baixo rio Negro. A outra vertente é que o regime térmico e a distribuição de oxigênio em lagos de água preta podem ser muito diferentes aos de lagos de várzea. No lago Tupé, por exemplo, Reiss (1977) observou que o lago ficou estratificado durante todo seu período de estudo, que foi de maio de 1971 a maio de 1972. Outros pesquisadores, Drs. H. Rai e G. Hill, que também estudaram o lago Tupé alguns anos depois, de maio de 1974 a abril de 1975, sugeriram que o lago Tupé poderia ser classificado como um lago tropical estratificado (Rai & Hill, 1981). No que diz respeito à distribuição de oxigênio dissolvido na coluna de água do lago Tupé, Reiss (1977) e Rai & Hill (1981) encontraram altas concentrações de oxigênio, entre 67,2% e 84,6%, na superfície do lago e baixas concentrações ou anoxia no fundo do lago, durante todo o ano.

Os pesquisadores Reiss (1977) e Rai & Hill (1981) estudaram o lago Tupé em anos diferentes, mas, durante um ano inteiro de variação do nível da água. É interessante ressaltar, no entanto, que os parâmetros limnológicos sempre foram medidos de dia. Atualmente se sabe que estudos nictemerais que levam em conta episódios noturnos podem fornecer detalhes sobre possíveis eventos de mistura e estratificação que não são

detectados de dia. Também estes estudos são muito importantes em lagos tropicais onde taxas metabólicas procedem de modo acelerado (Robertson & Darwich, 2008). Nesta oportunidade reportamos sobre quatro estudos nictemerais de temperatura e oxigênio dissolvido em um lago de água preta, o lago Tupé, realizados no período da seca e no período da cheia entre 2001 e 2003.

## Material e Métodos

Uma descrição detalhada da área de estudo pode ser encontrada em Reiss (1977), Rai e Hill (1981) e Santos-Silva *et al.* (2005), mas vale lembrar que o pico do período de águas altas ocorre em junho e o pico do período de águas baixas ocorre em novembro e também que a região mais profunda do lago (03°02'35,4''S; 60°15'17,5''W), denominada de estação central, varia entre dez a quinze metros no período de águas altas e quatro a cinco metros no período de águas baixas.

As medidas de oxigênio dissolvido e temperatura foram tomadas na estação central a cada meio metro de profundidade em novembro de 2001 e 2002, no período de águas baixas, e em junho de 2002 e 2003 no período de águas altas. As medidas foram tomadas a cada três ou quatro horas com um potenciômetro digital WTW modelo OXI 197 para temperatura e oxigênio dissolvido com sensibilidade de 0,1 unidades.

## Resultados

Em novembro de 2001 a estação central estava com cinco metros de profundidade. Entre os dias 20 e 21 de novembro a temperatura da superfície da água variou entre 30,8°C as 06:00 horas e 33,1°C as 18:00 horas enquanto a temperatura do fundo variou muito pouco, entre, 27,2°C e 27,5°C (Fig. 1A). A diferença de temperatura entre a superfície e o fundo variou de 3,5°C as 06:00 horas e 5,8°C às 18:00 horas. O oxigênio dissolvido na superfície variou entre 87,8% as 06:00 horas e 148,6% as 15:00 horas. A três metros de profundidade a concentração de oxigênio já estava a menos de 5% da concentração na superfície e, no fundo, o oxigênio variou entre 0,0% e 1,7% de saturação (Fig. 1B).

Em novembro de 2002 a estação central estava com quatro metros e meio de profundidade. Entre os dias 9

e 10 de novembro a temperatura da superfície da água variou entre 28,5°C as 06:00 horas e 31,8°C as 14:00 horas enquanto a temperatura do fundo variou apenas entre 27,3°C e 27,5°C (Fig. 2A). A diferença entre a temperatura na superfície e no fundo variou entre 1,2°C as 06:00 horas e 4,5°C as 18:00 horas. O oxigênio dissolvido na superfície variou entre 83,4% as 06:00 horas e 124,5% as 14:00 horas (Fig. 2B). A três metros e meio de profundidade a concentração de oxigênio estava a menos de 10% da superfície e, no fundo, o oxigênio variou entre 0,8% e 2,0% de saturação (Fig. 2B).

Em junho de 2002 a estação central do lago Tupé estava com 14,5 metros de profundidade. Entre os dias 8 e 9 de junho a temperatura da superfície da água variou entre 27,9°C as 06:00 horas e 29,7°C as 12:00 horas enquanto a temperatura do fundo do

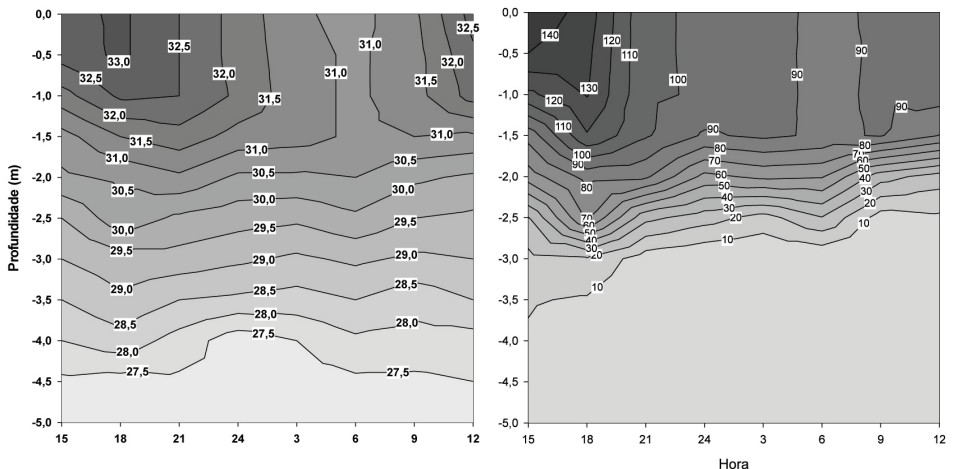


Figura 1: Perfil de temperatura (A) e oxigênio dissolvido (% de saturação) (B), no lago Tupé no período de seca de 2001.



lago ficou em torno de 27,0°C (Fig. 2A). A diferença entre a temperatura na superfície e no fundo variou entre 0,9°C as 06:00 horas e 2,7°C as 12:00 horas. O oxigênio dissolvido na superfície variou entre 44,3% as 06:00 horas e 57,1% as 18:00 horas (Fig. 2B). A seis metros de profundidade a concentração de oxigênio estava a menos de 10% a da superfície e, no fundo, o oxigênio variou entre 0,3% e 5,4% de saturação (Fig. 2B).

Em junho de 2003 a estação central estava com 14,0 metros de profundidade. Entre os dias 21 e 22 de junho a temperatura da superfície da água variou entre 29,2°C as 06:00 horas e 31,6°C as 14:00 horas enquanto que no fundo do lago a temperatura permaneceu em torno de 27,0°C (Fig. 3A). A diferença de temperatura entre a superfície e o fundo variou de 2,3°C as 06:00 horas a 4,7°C as 14:00 horas. O oxigênio dissolvido na superfície variou entre 59,1% as 06:00 horas e 74,0% as

14:00 horas (Fig. 3B). A quatro metros e meio de profundidade a concentração de oxigênio estava cerca de 11% a da superfície e, no fundo, o oxigênio variou entre 0,7% e 0,9% de saturação (Fig. 2B).

## Discussão

Nos quatro estudos nictemerais, a menor temperatura da superfície da água sempre foi observada as 06:00 horas e a mais alta entre 12:00 e 18:00 horas. A temperatura no fundo foi constante, permanecendo em torno de 27°C. É interessante notar que a maior diferença entre a temperatura da superfície e do fundo foi observada, não na cheia, quando o lago estava com 14,0 metros de profundidade, mas na seca, quando o lago estava com quatro metros de profundidade. Desta forma observa-se que, diferente de lagos de várzea de pequeno e de médio

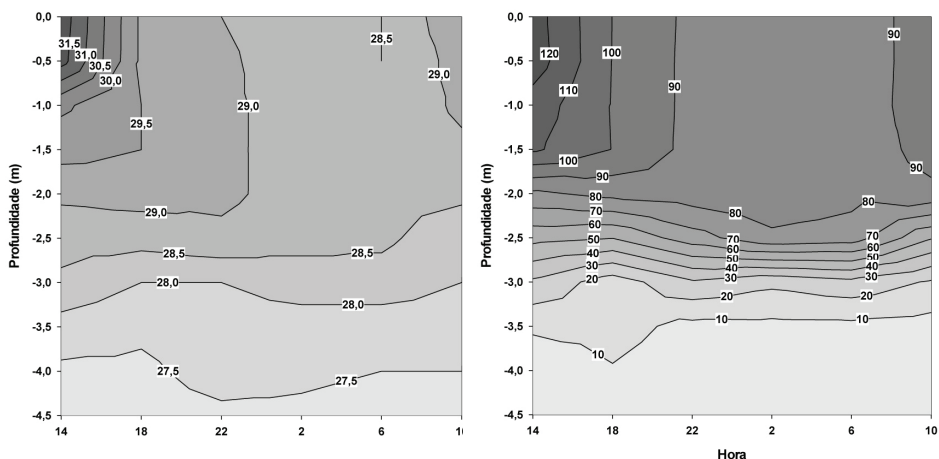


Figura 2: Perfil de temperatura (A) e oxigênio dissolvido (% de saturação) (B), no lago Tupé no período de seca de 2002.

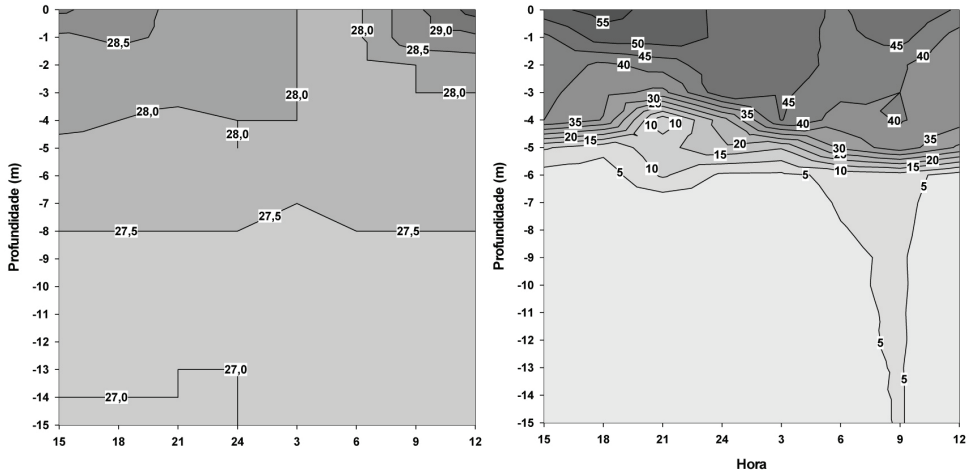


Figura 3: Perfil de temperatura (A) e oxigênio dissolvido (% de saturação) (B), no lago Tupé no período de cheia de 2002.

porte e do lago Cristalino, o lago Tupé está mais fortemente estratificado, e não mistura, quando está raso. Se o lago Tupé misturar, e por ora não há evidência para isso, é mais provável que isto ocorra no período de águas altas. Isto porque, no meio do ano, em junho e julho, quando é inverno no sul do país, é comum a entrada de frentes frias, geralmente acompanhadas de ventos fortes. A consequência é que a água na superfície dos lagos esfria rapidamente, fica mais densa, afunda, e a coluna de água mistura. Uma indicação disto é o que provavelmente ocorreu nos dias 8 e 9 de junho de 2002 quando, apesar do lago estar com 14 metros de profundidade, a diferença entre a temperatura da superfície do lago e do fundo, as 06:00 horas, estava a menos de 1°C e a coluna estava quase isotérmica (Fig. 2A). Em junho do ano seguinte, a menor diferença de temperatura entre a superfície e o

fundo foi um pouco mais alta, 2,3°C. Vale lembrar que a relação entre a temperatura da água e densidade não é linear, mas uma curva, bastante acentuada na faixa das temperaturas mais altas. Por isso, apesar da pequena diferença de temperatura entre a superfície e o fundo que pode ser observado no lago Tupé, a diferença na densidade das diferentes camadas inviabiliza a mistura da coluna de água. Como já foi mencionado, durante este estudo, a temperatura no fundo do lago ficou em torno de 27°C. É interessante notar que Dr. F. Reiss que estudou o lago Tupé em 1971 e 1972 também observou apenas uma pequena variação na temperatura do fundo do lago, entre 25,3 e 27,0°C (Reiss, 1977).

Assim como temperatura, os menores concentrações de oxigênio dissolvido geralmente foram observadas as 06:00 horas e os maiores entre 14:00 e 18:00 horas. Vale ressaltar,

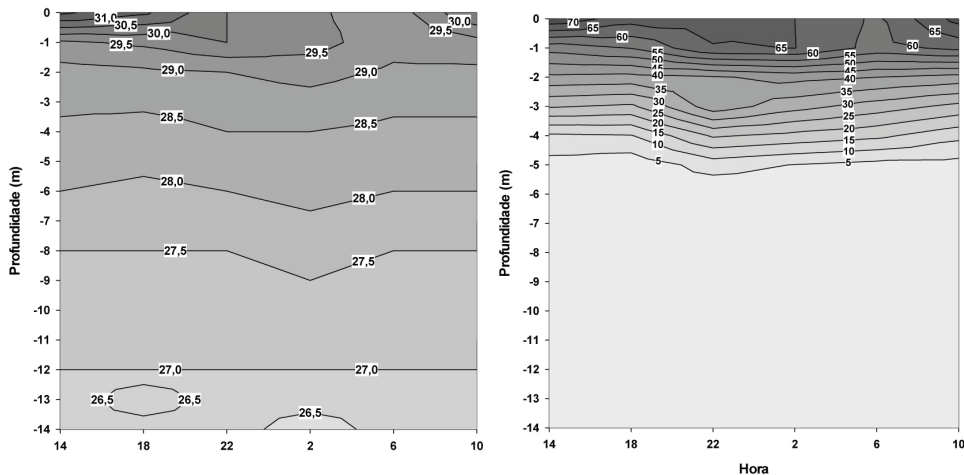


Figura 4: Perfil de temperatura (A) e oxigênio dissolvido (% de saturação) (B), no lago Tupé no período de cheia de 2003.

que na superfície, concentrações supersaturadas, ou saturadas, de oxigênio dissolvido foram observadas apenas no período de águas baixas. Em novembro de 2001 a média da concentração de oxigênio dissolvido na superfície foi 106,2% e em novembro de 2002 a média foi 96,4%. No período de águas altas as concentrações de oxigênio dissolvido na superfície foram bem mais baixas. Em junho de 2002 a média da concentração de oxigênio dissolvido na superfície foi 49,6% e em junho de 2003 a média foi 67,5%. É possível que isto tenha a ver com a entrada de água do rio Negro, que apesar de transparente, ainda é mais turva que a água do lago principalmente na época de águas baixas quando o lago esta isolado do rio. É interessante notar que Raí & Hill (1981) registraram uma maior penetração de luz e valores mais altos de clorofila durante o período de águas baixas.

Neste estudo, as médias da concentração de oxigênio dissolvido no fundo do lago em 24 horas foram de 1,3 e 1,5% nos períodos de águas baixas e 1,0 e 1,5% nos períodos de águas altas. Em seu estudo de 1971 e 1972 Reiss (1977) observou valores de oxigênio dissolvido no fundo do lago Tupé, semelhantes, entre 1,0 e 3,8% de saturação.

Comparando os resultados de Reiss (1977) e Rai & Hill (1981) com os nossos podemos observar que não houve mudança significativa no regime térmico ou na distribuição de oxigênio dissolvido no lago Tupé nos últimos 30 anos.

Reiss (1977) sugeriu que o lago Tupé poderia ser classificado como um lago "oligo a polimítico o qual, durante seu período de estudo, sofreu uma fase de meromixia termal". Rai & Hill (1981) sugeriram que o lago Tupé era um lago tropical estratificado e provavelmente oligomítico. Apesar das sugestões cautelosas, não houve, e

ainda não há, evidências de que o lago Tupé misture até o fundo. Dado que o lago Tupé parece estar estratificado sempre poderíamos propor classificá-lo como meromítico mesmo que esta classificação para um lago tropical é incomum e normalmente é usada para lagos fundos ou salinos.

Porque o lago Tupé é meromítico? Provavelmente é a combinação de vários fatores, alguns já citados por Reiss (1977) e Raí & Hill (1981), como a morfologia da bacia, a posição perpendicular do eixo longitudinal do lago em relação a ventos predominantes e os barrancos de terra firme, íngremes, e ainda cobertos por floresta. Além disto, a entrada da água relativamente fria dos diversos igarapés que deságuam no lago também contribui para manter a temperatura no fundo do lago mais frio que a superfície. Conforme mais lagos de água preta são estudados, e isso é preciso, vai ser interessante saber se a condição de meromixia do lago Tupé é única ou se há outros lagos com regimes térmicos e de distribuição de oxigênio semelhantes, e também, de que forma estes regimes térmicos e de distribuição de oxigênio, diferentes, afetam a fauna e a flora.

## Referencias bibliográficas

- DARWICH, A. J.; APRILE, F. M. & ROBERTSON, B. A. 2005. Variáveis limnológicas: contribuição ao estudo espaço-temporal de águas pretas amazônicas. In: Santos Silva, E. N., Aprile, F., Scudeller, V., Melo, S. (eds) *BioTupé: Meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central*. Editora INPA, Manaus. pp. 19 – 33.
- FURCH, K. & JUNK, W. 1997. Physicochemical conditions in the floodplains. In: Junk, W. (ed.) *The Central Amazon floodplain Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Berlin. pp. 69 –108.
- LEWIS, W. M. JR. 1983. A revised classification of lakes based on mixing. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40:1779–1787.
- MACINTYRE, S. & MELACK, J. 1984. Vertical mixing in Amazon floodplain lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:183–1287.
- MACINTYRE, S. & MELACK, J. 1988. Frequency and depth of vertical mixing in an Amazon floodplain lake (L. Calado, Brazil). *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23:80–85.
- MELACK, J. & FISHER, T. 1983. Diel oxygen variations and their ecological implications in Amazon floodplain lakes. *Arch. Hydrobiol.* 98:422–442.
- ROBERTSON, B. A. & DARWICH, A. J. 2008. Diel changes in the size structure of a *Moina minuta* Hansen, 1899 population (Anomopoda:Moinidae) in





an Amazonian floodplain lake. *Biologia Geral e Experimental* 8:21-28.

SCHMIDT, G.W. 1973. Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. II. The limnology of a tropical floodplain lake in central Amazonia (Lago do Castanho). *Amazoniana* 4:139-203.

RAÍ, H. & HILL, G. 1981. Physical and chemical studies of Lago Tupé a Central Amazonian black water "ria lake". *Int. Revue ges Hydrobiol.* 66:37-82.

REISS, F. 1977. Qualitative and quantitative investigations on the macrobenthic fauna of Central Amazon lakes 1. Lago Tupé, a black water lake on the lower Rio Negro. *Amazoniana* 6:203-235.

SANTOS SILVA, E. N.; APRILE, F.; SCUDELLER, V. & MELO, S. 2005. *BioTupé Meio físico, diversidade biológica e sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central.* Editora INPA, Manaus, 246 p.

TUNDISI, J.; FORSBERG, B.; DEVOL, A.; Zaret, T.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; SANTOS, A.; RIBEIRO, J. & HARDY, E. 1984. Mixing patterns in Amazon lakes. *Hydrobiologia* 108:3-15.