

Produção primária fitoplanctônica de um lago de ilha fluvial na Amazônia Central (Lago do Rei, Ilha do Careiro)

de

Jorge Salomão B. Ribeiro & Assad J. Darwich

Dr. Jorge Salomão B. Ribeiro, M.Sc. Assad J. Darwich, Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Caixa postal 478, 69011-970 Manaus/AM, Brasil.

(Aceito para publicação: Novembro 1993).

Phytoplanktonic primary production of a fluvial island lake in the Central Amazon (Lago do Rei, Ilha do Careiro)

Abstract

Environmental factors and primary production of phytoplankton were studied in Lago do Rei, an island lake in the Central Amazon, in order to improve the knowledge of mechanisms that govern the productivity of tropical equatorial lakes.

Results show that Lago do Rei is the most productive amongst the studied lakes to date, and that productivity is controlled not only by nutrient availability, but also by light interactions.

Keywords: Primary production, phytoplankton, nutrients, light, Amazon.

Resumo

Fatores ambientais e produção primária do fitoplâncton foram estudados no Lago do Rei, um lago de ilha fluvial na Amazônia Central, com o objetivo de contribuir para o conhecimento dos mecanismos que governam a produtividade de lagos tropicais equatoriais. Os resultados mostram que o Lago do Rei é o mais produtivo, dentre os lagos da região estudados até o presente, e que a produtividade é controlada não somente pela disponibilidade de nutrientes, mas também por mecanismos de interações de luz.

Introdução

Medidas de produção primária do fitoplâncton são essenciais em estudos ecológicos de ecossistemas aquáticos (ANDERSEN & SAND-JENSEN 1980). Dados quantitativos da produção primária fornecem as bases para enumerar certos princípios teóricos que, quando aplicados a uma série de estágios de sucessão, mostram nova luz na dinâmica da sucessão ecológica LINDEMANN (1942).

Os numerosos lagos situados nas margens do Rio Solimões/Amazonas, chamados lagos de várzea, são inundados geralmente todos os anos e considerados mais produtivos, que os lagos da bacia do Rio Negro, seu principal tributário, pela margem esquerda.

Informações sobre a produção primária fitoplanctônica em lagos da Amazônia são escassas. Neste campo da Limnologia destacam-se os estudos de MARLIER (1967), com medidas de produtividade nos Lagos Redondo e Rio Preto da Eva; SCHMIDT (1973b, 1976), nos Lagos Castanho e baixo Rio Negro; FISHER (1978), também no baixo Rio Negro, Rio Solimões e Lago Janauacá; RIBEIRO (1978), nos Lagos Cristalino, Tarumã-Mirím, Redondo, Jacaretinga e Castanho; e RODRIGUES (1992), no Lago do Camaleão.

A hipótese de que o influxo de água do Rio Solimões/Amazonas enriquece prontamente os lagos marginais do sistema, como sugerem alguns autores, precisa ser melhor investigada. RIBEIRO (1983) sugere que o material introduzido pelo rio, não está todo na forma dissolvida, prontamente utilizável pelos produtores. Somente uma certa proporção está nessa condição. A maior parte está na forma particulada, e é progressivamente desdobrada pelos organismos decompositores e detritívoros, solubilizada, e distribuída na massa de água do lago pelos movimentos de circulação.

Este trabalho apresenta os estudos de produção primária fitoplanctônica e de fatores ambientais, desenvolvidos no Lago do Rei, um lago de ilha fluvial da Amazônia Central, com o objetivo de contribuir para o entendimento da dinâmica dos mecanismos que sustentam e controlam a produtividade de ecossistemas lacustres, de regiões tropicais equatoriais amazônicas, onde se localiza a maior e mais complexa bacia hidrográfica do planeta.

Área de Estudo

O Lago do Rei está localizado na parte central e média da Ilha do Careiro, situada imediatamente à jusante da confluência dos Rios Negro e Solimões (Figura 1). Na cheia o lago tem área aproximada de 100 km² (COLLART & MOREIRA 1989), sendo um dos maiores lagos de ilha da Amazônia Central. O aporte de água para esse ecossistema é feito pela precipitação, que pode atingir 2500 mm por ano e pelo influxo de água do Rio Solimões, durante o período de enchente, por transbordamento do rio, posto que as suas margens são pouco elevadas e através do Paraná do Rei, que interliga o lago e o rio. O ciclo hidrológico confere ao lago, segundo COLLART & MOREIRA (1989), uma variação de profundidade que pode atingir entre 10 e 12 m, no pico de enchente, o que possibilita um aumento considerável da área do lago. No extremo da seca, o lago fica extremamente reduzido e raso (entre 1 e 2 m de profundidade).

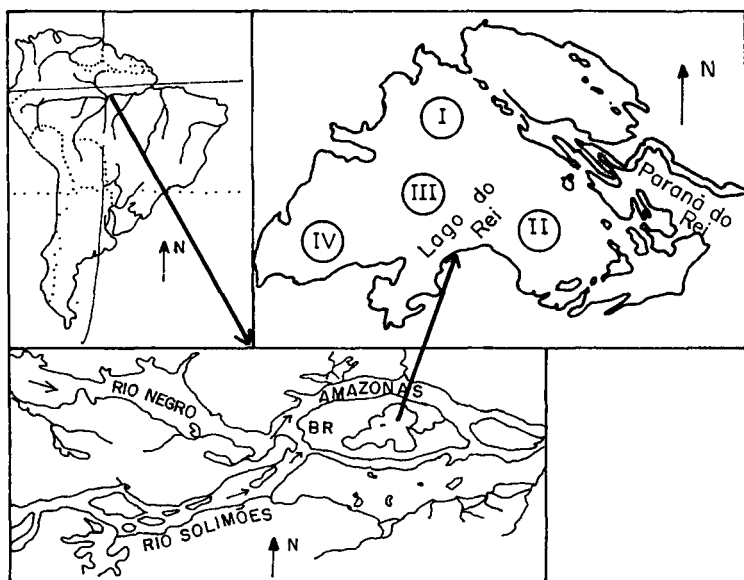


Figura 1:
Localização do Lago do Rei e estações de amostragem.

No presente estudo amostrou-se quatro estações, na zona pelágica do lago (Figura 1), em dois períodos: de 21 a 24 de agosto de 1987, época de vazante, e de 17 a 30 de março de 1988, época de enchente. A amostragem nesses períodos deu-se em função das condições operacionais, dentro das disponibilidades de pessoal e logística. As estações foram escolhidas na zona pelágica para evitar interferência direta dos densos tapetes de macrófitas aquáticas flutuantes, que colonizam as zonas litoral e sublitoral do lago.

Metodologia

A produção primária foi determinada através do método do ^{14}C , conforme STEEMAN-NIELSEN (1951), TEIXEIRA (1973) e VOLLENWEIDER (1974), em cinco profundidades de cada estação e período estudado. As incubações dos frascos claros e escuros, foram feitas "in situ", no horário das 10,00 às 14,00 horas. Após esse período, procedeu-se a filtração de alíquotas das amostras, em filtros Millipore HAWP 025.00. Depois de secos à temperatura ambiente, foi feita a contagem da radiatividade em um cintilador líquido Beckman, no Max-Planck Institut, em Plön, Alemanha. Os cálculos foram efetuados de acordo com as expressões matemáticas contidas em TEIXEIRA (1973) e VOLLENWEIDER (1974), e as conversões do fator tempo feitas para o fotoperíodo de 12 horas do local, e a taxa de produção expressa em $\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$.

O perfil de temperatura foi medido em intervalos de 0,25 m, desde a superfície até a profundidade máxima da estação de amostragem, com um termômetro eletrônico

Iopterm, modelo 41, digital, equipado com sensor de par termoeletrico. As medidas foram feitas entre as 9,00 e 10,00 horas.

A penetração de luz, no meio aquático e incidente sobre a superfície, na faixa da radiação fotossinteticamente ativa, foi medida a cada 0,25 m da coluna d'água, com um hidrofotômetro Li-Cor, modelo LI-185B, acoplado com sensores fotoelétricos, especiais para medições no ar e na água. A unidade de medida é em micro Einstein, por metro quadrado, por segundo, considerando:

$$1 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} = 0,1 \text{ Watt} \cdot \text{s}^{-1} = 10 \text{ lux}$$

O oxigênio dissolvido (OD), foi determinado pelo método de Winkler, conforme MACKERETH et al. (1978); pH e condutividade elétrica por potenciometria, com medidores Digimed, modelo DM.PH-P e Chemtrix type 700 respectivamente. CO₂ total foi medido por titrimetria potenciométrica, utilizando-se o medidor de pH. Cálcio e Magnésio (Ca²⁺ e Mg²⁺) foram dosados por complexometria. As concentrações de nitrogênio nas formas nítrica e amoniacal (N-NO₃⁻ e N-NH₄⁺), fosfato dissolvido (P-PO₄³⁻), fósforo total e silicato reativo (SiO₃) foram determinados por espectrofotometria segundo GOLTERMAN et al. (1978). Clorofila-a foi medida após filtração em filtro de fibra de vidro, Zeiss, 47 mm Ø, e maceração dos filtros com acetona 90 %. Esta metodologia está descrita em GOLTERMAN et al. (1978) e MACKERETH et al. (1978). As amostras foram coletadas com coletor de água tipo Van Dorn, horizontal, de modo a se obter maior exatidão na determinação da profundidade, e estas estão indicadas na primeira coluna das Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Resultados

Os perfis de temperatura da coluna d'água são mostrados na Figura 2. Observa-se estratificação em agosto/87 entre 0 e 1,0 m, na estação I, com variação de 1,0 °C, e de 0,9 °C entre 0 e 1,0 m, na estação IV. Em março/88 não se observou estratificação térmica, em nenhuma das estações de amostragem. A variação de temperatura entre superfície e fundo foi maior na estação II, com 1,4 °C, entretanto, com declínio gradual.

Na Figura 3 são mostrados os perfis de penetração da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), nas estações II e III em agosto/87 e nas estações II e IV em março/88. Devido a instabilidade da superfície do lago, que é frequentemente agitada por vento, principalmente durante o período diurno, não foi possível fazer-se medidas de luz nas quatro estações, nas duas épocas de estudo. Os resultados mostram absorção muito intensa, desde a transposição da radiação do meio aéreo para o aquático. Estima-se que somente nesta mudança de meio, ocorre perda de aproximadamente 33 % na estação II e de 76 % na estação III em relação ao valor de 1.500 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, que foi registrado 30 cm acima da superfície da água. Na subsuperfície, com apenas um filme d'água passando sobre o sensor, registrou-se os valores de 1.000 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, na estação II e 360 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ na estação III. Considerando-se estes valores como 100 % da PAR, a zona eufótica na estação II está situada na camada entre a superfície e 1,75-2,0 m e 1,25-1,50 m de profundidade na estação III. Em março/88, registrou-se o valor de 2.600 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, acima da superfície líquida, em ambas as estações e na subsuperfície da estação II 2.000 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, e na estação IV o valor de 1.800 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, com perdas de 23 % na primeira e 31 % na segunda estação na transposição da interface ar/água. Considerando-se, do mesmo modo como foi feito na amostra-

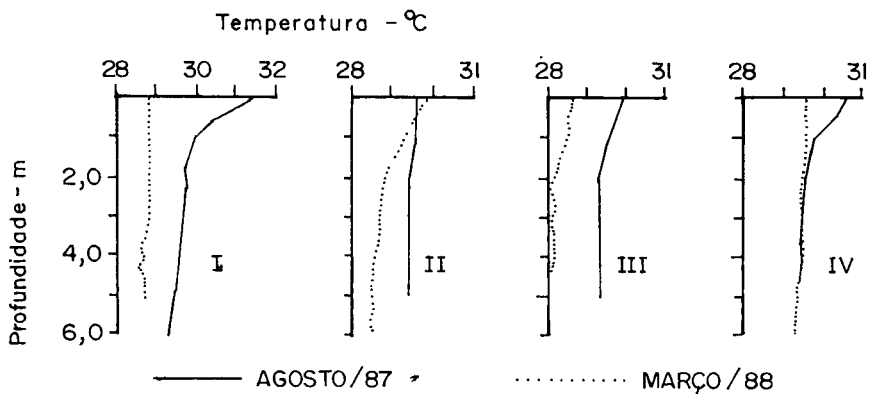


Figura 2:
Perfis de temperatura (°C) da coluna de água no Lago do Rei nas quatro estações de amostragem, em agosto/87 e março/88.

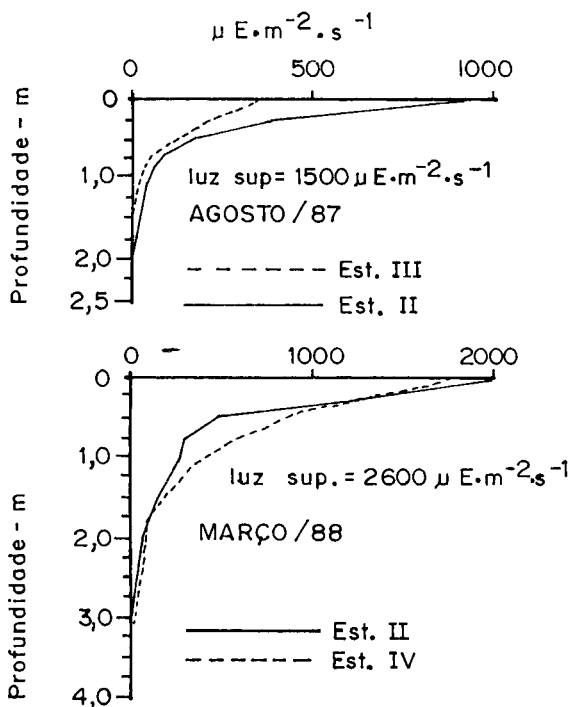


Figura 3:
Perfis de penetração de luz na coluna d'água no Lago do Rei e intensidade luminosa ($\mu E \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$) em agosto/87 e março/88.

gem anterior, estes valores como 100 % da PAR, a espessura da zona eufótica situou-se entre 2,75 e 3,0 m na estação II e de 3,00 m na estação IV.

Os resultados de oxigênio dissolvido (OD), dióxido de carbono total (CO_2 total), alcalinidade equivalente a carbonato de cálcio (CaCO_3), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}) pH e condutividade elétrica a 25 °C, são mostrados nas Tabelas 1 e 2, para agosto/87 e março/88, respectivamente.

Os valores de OD situaram-se entre 2,1 mg/l, na profundidade de 6,0 m, na estação I e 10,2, a 1,0 m na estação III, em agosto/87. Em março/88 o valor mínimo foi 2,4 mg/l à 3,0 m na estação I e o máximo foi de 8,1, à 0,5 m na estação IV.

O CO_2 total variou de 31,1 mg/l, à 2,0 m, na estação III, e 39,3 mg/l de 2,0 à 5,0 m de profundidade na estação IV, em agosto/87. Os valores encontrados em março/88, situaram-se entre 35,2 mg/l (est. I - 2,0, 3,0 e 6,0 m) e 46,2 mg/l à 0,75 m da estação I.

Em agosto/87 a alcalinidade, equivalente a carbonato de cálcio (CaCO_3), apresentou valores entre 22,5 mg/l, nas profundidades de 1,0 até 5,0 m na estação I, e 31,1 mg/l em 1,0 m da estação III. Em março/88, os valores oscilaram entre 31,2 mg/l (est. IV - 0,5 e 5,0 m) e 33,8 mg/l (est. I - 0,75, 3,0 e 5,0 m; est. III - 0,25 a 0,75 e 3,0 m).

As concentrações de magnésio, oscilaram entre 1,6 mg/l (est. I - 0 m) e 2,2 mg/l (est. III - 4,0 m) em agosto/87 e entre 1,6 mg/l (est. II 5,0 m) e 2,1 mg/l (est. III - 0 m) em março/88.

Os resultados de cálcio variaram entre 8,1 mg/l, valor encontrado em toda a coluna d'água das estações III e IV, e 8,5 mg/l (est. I - 0 m, est. II 2,0 e 5,0 m, em agosto/87. Em março/88, os valores oscilaram entre 9,8 mg/l (est. IV - 6,0 m) e 10,9 mg/l (est. I - 0,25 e 2,0 m).

Em agosto/87, os valores de pH, situaram-se entre 6,8 encontrado à 3,0 m da estação II e 8,5, na estação III à 0 m. Em março/88, os valores oscilaram entre 6,5 (est. I - 5,0 m) e 7,7 (est. IV - 0 m).

A condutividade elétrica apresentou resultados compreendidos entre $78,0 \mu\text{S}_{25} \cdot \text{cm}^{-1}$ (est. III - 5,0 m, e est. IV - 3,0 m) e $85,9 \mu\text{S}_{25} \cdot \text{cm}^{-1}$ (est. III - 3,0 m e est. IV - 5,0 m), em agosto/87; e entre $60,0 \mu\text{S}_{25} \cdot \text{cm}^{-1}$ (est. II - 0 m, e est. IV em 0; 0,25; 0,50 e 6,0 m) e de $65 \mu\text{S}_{25} \cdot \text{cm}^{-1}$ na maioria das profundidades em março/88.

As concentrações de nitrogênio nas formas nítricas e amoniacal, fosfatos dissolvidos, fósforo total e silicato reativo são apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

Os resultados de nitratos (N-NO_3^-) situaram-se entre 1,0 $\mu\text{g/l}$ (est. III - 4,0 m) e 5,9 $\mu\text{g/l}$ (est. I - 2,0 m) em agosto/87, enquanto que em março/88, estiveram entre 19,4 $\mu\text{g/l}$ (estação I - 0 m) e 89,9 $\mu\text{g/l}$, na profundidade de 1,0 m dessa mesma estação.

As concentrações de nitrogênio na forma amoniacal (N-NH_4^+) variaram entre 16,7 $\mu\text{g/l}$ (est. III - 3,0 m) e 419,0 $\mu\text{g/l}$ (est. IV - 0 m) em agosto/87; e entre 11,5 $\mu\text{g/l}$ (est. I - 0,50 m) e 78,5 $\mu\text{g/l}$ (est. III - 0 m) em março/88.

Os resultados de fosfatos dissolvidos (PO_4^{3-}) apresentaram valores situados na faixa de 0,9 $\mu\text{g/l}$ (est. II - 1,0 m) e 5,2 $\mu\text{g/l}$ (est. III - 0 m), em agosto/87, enquanto que em março/88, oscilaram entre 0,5 $\mu\text{g/l}$ (estação I - 1,0 e 5,0 m) e 8,4 $\mu\text{g/l}$ (estação I - 4,0 m). O fósforo total (PT) apresentou cifras compreendidas entre 6,9 $\mu\text{g/l}$, na estação II, à 1,0 m de profundidade e 38,8 $\mu\text{g/l}$, na estação III, à 0 m, em agosto/87; e entre 9,8 $\mu\text{g/l}$ (est. I - 0,25 m) e 93,4 $\mu\text{g/l}$, na estação IV a 0 m, em março/88.

Tabela 1: Valores de oxigênio dissolvido (OD) dióxido de carbono total (CO₂ t) alcalinidade equivalente aCaCO₃, magnésio (Mg⁺²) cálcio (Ca⁺²), expressos em miligramas por litro, pH e condutividade elétrica (μS₂₅ · cm⁻¹), em 04 estações do Lago do Rei em agosto/87.

Prof. (m)	OD (mg/l)	CO ₂ t (mg/l)	Alcali- nidade CaCO ₃ (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)	pH	cond. (μS ₂₅ · cm ⁻¹)
Estação I							
0	7,9	43,2	23,8	1,6	8,5	7,1	81,9
1,0	8,2	35,2	22,5	1,7	8,4	7,2	80,8
1,5	5,7	35,2	22,5	-	-	7,2	81,1
2,0	6,8	35,2	22,5	1,7	8,4	7,2	81,4
3,0	5,5	35,2	22,5	-	-	7,1	80,2
4,0	5,3	34,5	22,5	-	-	-	-
5,0	5,1	33,8	22,5	-	-	-	-
6,0	2,1	-	-	1,8	8,3	7,1	85,3
Estação II							
0	6,4	37,5	25,0	1,8	8,3	7,0	79,7
1,0	6,2	36,2	23,8	1,8	8,3	6,9	78,5
1,5	5,8	36,8	24,4	-	-	7,0	79,1
2,0	5,7	37,5	25,0	1,8	8,5	7,0	79,7
3,0	5,4	38,0	24,4	-	-	6,8	79,7
4,0	5,3	38,2	24,1	-	-	-	-
5,0	5,1	38,4	38,8	1,8	8,5	6,8	79,7
Estação III							
0	9,6	35,4	26,2	2,1	8,1	8,5	81,4
1,0	10,0	33,2	31,1	-	-	8,2	81,4
1,5	6,6	33,2	28,0	-	-	8,1	81,4
2,0	8,8	31,1	25,0	2,1	8,1	8,0	81,4
3,0	8,3	32,6	25,0	-	-	7,3	85,9
4,0	7,7	34,1	25,0	2,2	8,1	-	-
5,0	3,2	-	-	-	-	6,9	78,0
Estação IV							
0	6,3	37,5	25,0	1,9	8,1	7,0	79,1
1,0	5,8	38,4	25,0	-	-	7,0	79,1
1,5	4,6	38,0	25,0	1,9	8,1	7,0	79,1
2,0	7,1	39,3	25,0	1,9	8,1	6,9	79,1
3,0	4,1	39,3	25,0	-	-	6,9	78,0
4,0	3,8	39,3	25,0	-	-	-	-
5,0	3,6	39,3	25,0	2,1	8,1	7,3	85,9

Tabela 2: Valores de oxigênio dissolvido (OD), dióxido de carbono, alcalinidade a CaCO_3 , magnésio (Mg^{2+}), cálcio (Ca^{2+}) expressos em miligramas por litro, pH e condutividade elétrica ($\mu\text{S}_{25} \cdot \text{cm}^{-1}$), em 04 estações do Lago do Rei em março/88.

Prof. (m)	OD (mg/l)	CO_2 t (mg^2/l)	Alcalinidade CaCO_3 (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	pH	cond. ($\mu\text{S}_{25} \cdot \text{cm}^{-1}$)
Estação I							
0	2,9	44,0	32,5	1,9	10,5	6,7	65,0
0,25	2,7	44,0	32,5	1,8	10,9	6,6	65,0
0,50	2,8	41,8	32,5	1,7	10,8	6,6	65,0
0,75	2,6	46,2	33,8	1,8	10,8	6,5	65,0
1,00	2,6	44,0	32,5	1,8	10,8	6,5	65,0
2,00	2,6	41,8	32,5	1,8	10,9	6,5	65,0
3,00	2,4	42,9	33,8	1,8	10,7	6,5	65,0
4,00	2,5	39,6	32,5	1,8	10,6	6,6	65,0
5,00	2,5	44,0	33,8	1,9	10,6	6,5	65,0
Estação II							
0	5,4	41,8	32,5	1,9	10,4	6,6	60,0
0,25	5,0	41,8	32,5	1,9	10,3	6,8	65,0
0,50	6,2	37,4	32,5	1,9	10,5	6,8	65,0
0,75	5,5	41,8	32,5	1,8	10,5	6,8	65,0
1,00	5,0	41,8	31,2	2,0	10,4	6,8	65,0
2,00	5,7	38,5	33,8	2,2	10,2	6,8	65,0
3,00	5,7	36,3	32,5	1,9	10,2	6,8	65,0
4,00	6,1	38,5	32,5	1,8	10,6	6,8	65,0
5,00	5,3	41,8	32,5	1,6	10,4	6,8	65,0
Estação III							
0	4,7	40,7	32,5	2,1	10,2	6,6	65,0
0,25	4,3	42,9	33,8	1,8	10,5	6,7	65,0
0,50	4,6	44,0	33,8	1,9	10,2	6,7	65,0
0,75	4,2	41,8	33,8	1,9	10,2	6,7	65,0
1,00	4,1	42,9	32,5	2,0	10,2	6,7	65,0
2,00	4,2	41,8	32,5	1,9	10,2	6,7	65,0
3,00	3,9	41,8	33,8	1,7	10,5	6,6	65,0
4,00	4,1	41,8	32,5	1,8	10,2	6,6	65,0
5,00	3,5	41,8	32,5	1,8	10,2	6,6	65,0
Estação IV							
0	7,6	38,5	32,5	1,7	10,2	7,7	60,0
0,25	7,7	36,3	32,5	1,8	10,1	7,6	60,0
0,50	8,1	39,6	31,2	1,8	10,1	7,4	60,0
0,75	7,5	39,6	32,5	1,8	10,1	7,6	65,0
1,00	7,4	36,3	32,5	1,8	10,1	7,3	65,0
2,00	7,2	35,2	32,5	1,8	10,1	7,4	65,0
3,00	7,2	35,2	32,5	1,8	10,1	7,5	60,0
4,00	6,6	39,6	32,5	1,8	10,1	7,4	60,0
5,00	6,7	36,3	31,2	1,9	10,0	7,4	65,0
6,00	6,7	35,2	32,5	1,9	9,8	7,2	60,0

Tabela 3: Concentrações de nitratos ($N-NO_3^-$), nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), fosfatos ($P-PO_4^{3-}$), fósforo total (PT) expressos em microgramas por litro, e silicato reativo (SiO_3) expresso em miligramas por litro em 04 estações do Lago do Rei, em agosto/87.

Prof. (m)	$N-NO_3^-$ ($\mu g/l$)	$N-NH_4^+$ ($\mu g/l$)	$P-PO_4^{3-}$ ($\mu g/l$)	PT ($\mu g/l$)	SiO_3 (mg/l)
Estação I					
0	4,4	173,4	1,4	10,4	4,4
1,0	5,1	94,0	4,6	34,4	4,5
1,5	5,5	87,2	3,7	27,5	4,5
2,0	5,9	80,5	2,8	20,6	4,5
3,0	4,0	82,5	2,8	20,6	4,5
4,0	-	-	-	-	-
5,0	-	-	-	-	-
6,0	4,1	113,9	2,8	20,6	4,5
Estação II					
0	4,4	72,1	2,3	17,3	4,4
1,0	5,1	44,9	0,9	6,9	4,4
1,5	5,1	71,0	1,4	10,4	4,6
2,0	5,1	97,2	1,8	13,8	4,7
3,0	5,1	113,9	1,8	13,8	4,7
4,0	-	-	-	-	-
5,0	5,1	82,5	1,8	12,9	4,7
Estação III					
0	1,8	87,5	5,2	38,8	1,3
1,0	1,7	77,3	-	-	1,4
1,5	1,7	72,1	-	-	1,4
2,0	1,6	66,9	1,0	7,7	1,4
3,0	1,9	16,7	1,0	7,7	1,4
4,0	1,0	59,6	1,0	7,7	-
5,0	-	-	2,3	-	4,5
Estação IV					
0	2,6	419,0	1,6	11,6	1,3
1,0	2,2	243,4	-	-	1,3
1,5	2,0	155,8	-	-	1,3
2,0	1,8	67,9	2,6	19,4	1,3
3,0	1,0	59,6	-	-	1,2
4,0	-	-	-	-	-
5,0	1,8	97,2	1,0	-	1,2

Tabela 4: Concentrações de nitratos (N-NO_3^-), nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+), fosfatos (P-PO_4^{3-}), fósforo total (PT), expressos em microgramas por litro, e silicato reativo (SiO_2), expressos em miligramas por litro, em 4 estações do Lago do Rei, em março/88.

Prof. (m)	N-NO_3^- ($\mu\text{g/l}$)	N-NH_4^+ ($\mu\text{g/l}$)	P-PO_4^{3-} ($\mu\text{g/l}$)	PT ($\mu\text{g/l}$)	SiO_2 (mg/l)
Estação I					
0	19,4	22,3	1,1	21,3	3,1
0,25	61,0	44,0	0,8	9,8	3,5
0,50	71,0	11,5	3,7	13,6	2,8
0,75	55,0	43,2	3,3	17,4	3,2
1,00	89,9	50,4	0,5	15,5	4,3
2,00	60,0	56,9	0,8	13,6	4,5
3,00	54,6	59,6	-	13,6	4,0
4,00	40,9	62,3	8,4	13,4	3,4
5,00	60,5	25,2	0,5	13,6	4,0
Estação II					
0	59,3	-	1,9	11,6	5,1
0,25	76,0	64,8	1,1	19,4	5,0
0,50	57,4	-	3,0	13,4	4,8
0,75	59,6	-	1,5	15,5	5,1
1,00	59,0	28,8	2,5	13,6	5,1
2,00	28,4	-	1,9	13,6	4,8
3,00	55,0	-	2,2	13,6	4,9
4,00	56,5	-	2,8	15,5	4,9
5,00	60,2	-	3,0	15,5	5,1
6,00	57,1	22,3	6,4	21,3	4,9
Estação III					
0	58,1	78,5	6,6	43,8	3,8
0,25	58,1	24,9	2,2	18,7	3,9
0,50	55,2	65,8	1,8	16,4	4,0
0,75	62,0	26,3	2,6	11,2	3,4
1,00	50,6	28,9	1,1	11,2	3,4
2,00	56,7	14,5	3,9	14,9	4,0
3,00	41,6	22,3	5,2	13,1	3,0
4,00	57,7	29,6	4,5	14,9	3,5
5,00	55,6	46,0	3,0	14,9	3,8
Estação IV					
0	87,0	40,3	6,8	93,4	3,7
0,25	55,6	46,7	2,6	16,8	3,6
0,50	77,5	32,2	6,1	18,8	3,6
0,75	58,1	15,8	5,4	16,8	3,6
1,00	60,6	16,4	4,9	16,8	3,7
2,00	59,9	40,1	4,7	20,5	3,7
3,00	54,5	25,0	3,3	16,8	3,6
4,00	57,7	31,6	1,4	14,9	3,6
5,00	46,2	55,9	3,4	20,5	3,7
6,00	50,6	34,8	1,0	14,9	3,6

Os valores de silicato reativo, situaram-se entre 1,2 mg/l, na estação IV - à 3,0 m e 4,7 mg/l na estação II, à 2,0 m em agosto/87, enquanto que em março/88, estiveram entre 3,0 mg/l (est. III - 3,0) e 5,1 mg/l (est. II - 0,75 m).

As variações da produção primária fitoplanctônica, em agosto/87, são mostradas na Figura 4, onde se observa o valor mais alto à 0 m da estação II, com 5.608,4 mg C · m⁻³ · d⁻¹, e o valor mais baixo na profundidade de 3,0 m, da estação III, com 9,5 mg C · m⁻³ · d⁻¹. Na Figura 5, estão os valores da produção, medidos em março/88, oscilando os mesmos na faixa de 19,9 mg C · m⁻³ · d⁻¹, registrado na estação, à 0,75 m e de 12.067,0 mg C · m⁻³ · d⁻¹.

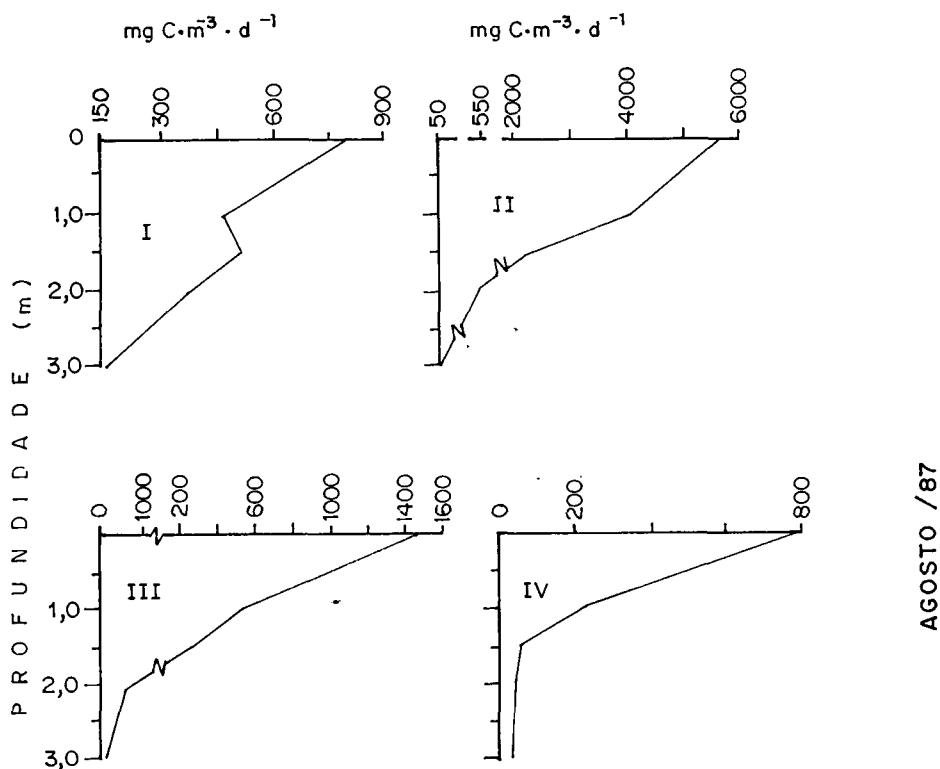


Figura 4: Padrões de produção primária de fitoplâncton (mg C · m⁻³ · d⁻¹) nas quatro estações de amostragens do Lago do Rei, em agosto/87.

A biomassa do fitoplâncton, medida em termos de clorofila-a, apresentou valores entre 25,8 µg/l (est. III - 3,0 m) e 53,1 µg/l (est. I - 0 m) em agosto/87, como pode ser observado da abscissa inferior da Figura 6. Em março/88, os resultados, apresentados na abscissa superior da mesma figura, situaram-se entre 7,9 µg/l (est. II - 0,5 m) e 57,5 µg/l (est. IV - 0 m).

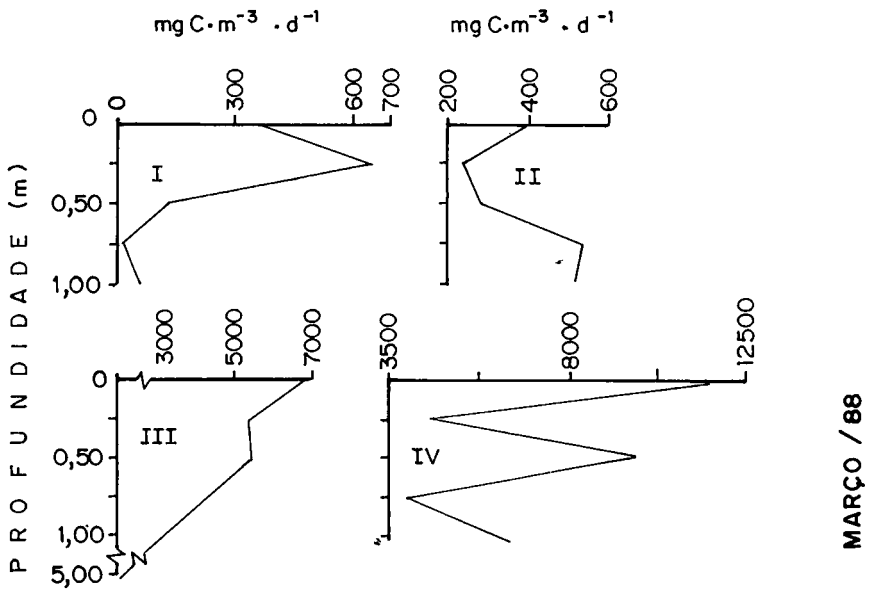


Figura 5:
Padrões de produção primária de fitoplâncton ($\text{mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$) nas quatro estações de amostragem do Lago do Rei, em março/88.

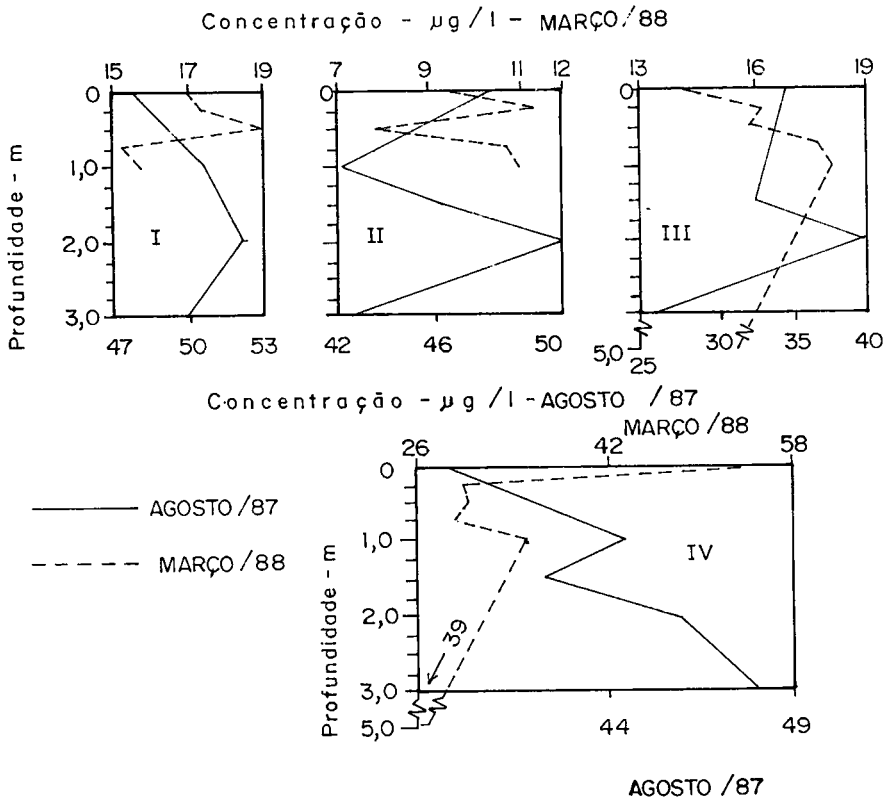


Figura 6:
Concentrações de clorofila-a ($\mu\text{g/l}$), na coluna de água do Lago do Rei, nas quatro estações de amostragem, em agosto/87 e março/88.

Discussão

Como é sabido, a dinâmica da produção primária fitoplanctônica, em qualquer ambiente aquático, está intimamente relacionada com uma série de fatores bióticos e abióticos, como por exemplo, luz, nutrientes, pH, competitividade, tamanho de população, pastoreio - "grazing" -, predação, etc., cujas dimensões e intensidade variam em cada ecossistema.

Nos lagos da Amazônia Central, além dos fatores anteriormente mencionados, a produção do fitoplâncton está provavelmente muito influenciada pela flutuação do nível

da água nos sistemas lacustres, influxo da água dos rios para os lagos, pelo deflúvio destes para os rios e ainda pela precipitação. Esses fenômenos podem determinar variações significativas na dinâmica da fisiologia de algas planctônicas, através das modificações na área dos lagos, enquanto que a ocorrência de uma precipitação relativamente densa, pode desfazer uma estratificação, determinando um processo de circulação, como demonstrado por RIBEIRO (1983).

O presente estudo foi desenvolvido em uma época de vazante (agosto/87) e uma de enchente (março/88), não tendo sido possível fazer-se um ciclo sazonal, em virtude das disponibilidades então existentes. Os resultados obtidos mostram certas diferenças entre as duas épocas, para a maioria dos fatores ambientais estudados e das respostas da produção primária e biomassa do fitoplâncton. Essas variações são notórias não só temporal como também espacialmente. Observa-se, como exemplo, que os valores do oxigênio dissolvido, no perfil da estação I, em agosto/87 foram mais elevados em, pelo menos, 2,5 vezes, que aqueles do mesmo ponto de coleta na amostragem de março/88. Ainda quanto ao OD, os quatro pontos estudados são diferentes entre si, em um mesmo período amostral. Os valores aqui registrados são semelhantes aos encontrados por COLLART & MOREIRA (1989), que também estudaram o Lago do Rei, em outras quatro estações, num ciclo sazonal em 1987, assim como aqueles observados por LOPES et al. (1981/1982) no Lago do Arroz, que é um outro lago situado na mesma Ilha do Careiro.

Fato inverso ao do oxigênio dissolvido foi observado quanto aos valores de CO₂ total, alcalinidade, Ca²⁺ e nitratos. No caso deste último, os resultados obtidos em março/88 foram, em média, 10 vezes maiores que os valores de agosto/87 (Tabela 1 a 4).

O nitrogênio amoniacal apresentou concentrações também diferentes entre as estações e épocas de amostragem. Os valores mais elevados nas camadas superficiais da estação IV, na amostragem de agosto/87, podem ter sido influenciados pela ocorrência de uma chuva quando já se havia iniciado a coleta de amostras. Entretanto LOPES et al. (1981/1982), também registraram variações dessa ordem de grandeza na Lago do Arroz.

As concentrações do CO₂ total foram ligeiramente mais altas nas quatro estações em março/88, em relação às de agosto do ano anterior, o mesmo se observando com alcalinidade (Tabela 1 e 2), cujos valores indicam que o sistema é relativamente bem tamponado, tendo inclusive disponibilidade de alcalino-terrosos (Ca²⁺ e Mg²⁺), conferindo ao pH da água caráter neutro, na maioria dos casos. Algumas vezes, entretanto, o pH mostrou maiores oscilações, tendendo tornar o meio alcalino, com valores de até 8,5, ou se mostrando levemente ácido (6,5).

As concentrações de sais totais dissolvidos, refletidas pelos dados da condutividade elétrica, mostram valores semelhantes aos encontrados nos lagos de várzea da Amazônia Central por SCHMIDT (1973a), SANTOS (1977), LOPES et al. (1981/1982), RIBEIRO (1978, 1983), RODRIGUES (1992).

Os perfis térmicos registrados no Lago do Rei (Figura 2), mostram estratificação nítida, nas camadas superficiais, apenas nas estações I e IV, em agosto/87, cujas medidas foram feitas antes da ocorrência da chuva, mencionada linhas acima. A estratificação observada não delimita entretanto a espessura da termoclina, como encontrada por SCHMIDT (1973a) no Lago do Castanho, LOPES et al. (1981/1982) no Lago do Arroz, RIBEIRO (1983) no Lago Jacaretinga, e RODRIGUES (1992), no Lago do

Camaleão. Nos demais perfis, o declínio da temperatura, desde a superfície até o fundo, é gradual, não mostrando estratificação definida, com valores sempre superiores a 25 °C.

Os perfis da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), no maio aquático, apresentado na Figura 3, mostram intensa absorção, desde as camadas mais superficiais. Uma comparação entre os valores da PAR, incidente na superfície (luz, sup., Figura 3) e zero metro, quando apenas um filme de água de cerca de 1 cm passa sobre o sensor, demonstra que aproximadamente 1/3 da luz é absorvida na transposição da interface ar/água. Em agosto/87, os valores percentuais de absorção da radiação nessa mudança de meio foi da ordem de 33 % na estação II, e de 76 % na estação III. Em março, a absorção foi de aproximadamente 23 % na estação II e de 31 % na estação IV. Assumindo-se os valores da subsuperfície como 100 % da PAR, a espessura da zona eufótica foi maior nesta última estação, durante os períodos estudados, limitando-se entretanto à 3,0.

Segundo BONEY (1989), após atravessar a interface ar/água, a luz é absorvida pela própria água, por substâncias amarelas (substâncias húmicas) dissolvidas, pelo plâncton e pelo material particulado morto. O processo de espalhamento no interior da massa de água, devido a partículas em suspensão, impede o caminho da luz em direção ao fundo. Ademais, a profundidade máxima que a luz poderá atingir, em um dado instante, depende também do ângulo de incidência desta em relação à superfície aquática. Por esse motivo, as medidas dessa variável e da transparência da água devem ser feitas sempre com o sol mais próximo do zênite, principalmente no segundo caso, posto que as medições são feitas com Disco de Secchi, que é o instrumento mais utilizado para essa finalidade.

A distribuição vertical do fitoplâncton e da clorofila-a, resulta do ajuste das populações à disponibilidade de luz e nutrientes, sob as condições impostas pela turbulência da água e a sedimentação das células. Só acidentalmente e de maneira transitória podem persistir quantidades importantes de clorofila, abaixo do nível de 1 % da intensidade de luz incidente sobre a superfície (MARGALEF 1983). Ademais, a sedimentação das algas depende da densidade da água, que, por sua vez, é função da temperatura. Outro mecanismo importante é a adaptação dos organismos fotossintetizantes à saturação de luz, como tem sido demonstrado por vários autores (e.g.: BAKER et al. 1969; ANAN'EV & ZAKHZHEVSKII 1982; DUBINSKY & BERMAN 1981; GALLEGOS et al. 1980). Segundo BANNISTER (1974), sob baixa iluminação, a taxa de fotossíntese eleva-se quase linearmente, enquanto que com intensa luminosidade, esta taxa eleva-se mais vagarosamente. Estes mecanismos certamente governam também as concentrações de clorofila-a e as taxas de produção primária fitoplanctônica dos lagos da Amazônia Central.

A produção primária do fitoplâncton, por volume de água, no Lago do Rei, foi mais alta nas estações II e III, em agosto/87 (Figura 4) e nas estações III e IV em março/88 (Figura 5). Na primeira época estudada, os maiores resultados foram de 5.608,4 mg C · m⁻³ · d⁻¹ e 1.476,5 mg C · m⁻³ · d⁻¹ respectivamente, na superfície daquelas estações, enquanto que na segunda amostragem, registrou-se 6.937,0 mg C · m⁻³ · d⁻¹ na estação III, e na estação IV, 12.067,0 mg C · m⁻³ · d⁻¹, ambas também na superfície.

O tipo de perfil de produção, encontrado em agosto/87, acompanha aquele da penetração de luz, e de temperatura, com valores mais elevados na superfície. Entretanto nos resultados de março/88 apenas a estação III apresentou semelhança aos anteriores,

inclusive com resultado positivo à 5 m de profundidade, com apenas $1,85 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ da PAR, que corresponde a valores menores que 1 % da radiação incidente na subsuperfície. É provável que o espalhamento de luz no interior da massa de água, determinado por partículas suspensas, tenha algum efeito neste fato, entretanto não se teve condição técnica para que essa medição fosse feita. O perfil da estação I mostra inibição de fotossíntese na superfície, indicado pela baixa incorporação do carbono inoculado, e maior na profundidade de 0,25 m. A estação II apresentou maior produção à 0,75 m, enquanto que a estação IV, na superfície.

O tipo de perfil da produção não indica necessariamente a profundidade de maior concentração de fitoplâncton, ou sua biomassa, em termos de clorofila-a, mas aquela de melhor desempenho apresentada na incorporação do carbono. Isto pode ser observado ao se comparar os perfis de produção primária e a distribuição vertical da clorofila-a (Figuras 4, 5 e 6), no presente estudo e em outros como os de SCHMIDT (1973b, 1976), TUNDISI (1977), RIBEIRO (1978), RAI & HILL (1980), BARBOSA & TUNDISI (1980) e RODRIGUES (1992).

Por outro lado, tem sido enfatizado por alguns autores (e.g.: FINDENEGG 1985; RAI & HILL 1980; MARGALEF 1983; BONEY 1989 e outros), que existe uma estreita correlação entre o número de células do fitoplâncton e a sua produtividade. Assim, J.S.B. RIBEIRO (dados não publicados) estudando o Lago Jacaretinga, localizado na mesma latitude do Lago do Rei, na Amazônia Central, em um ciclo sazonal, encontrou pico de produção primária fitoplanctônica, medida com a mesma metodologia, que no presente estudo, ocorrendo após o pico de clorofila-a. Este fato sugere que não foram somente Clorofíceas as algas responsáveis por esse maior pico, mas certamente algas de outros grupos, embora as daquele grupo provavelmente tenham tido participação.

A dinâmica da população fitoplanctônica parece ser oportunística e não tratável pela teoria do equilíbrio ou nichos. Os ambientes variam em tempo e espaço, e essas flutuações são altamente significantes para a manutenção da diversidade (HARRIS 1983). Muitos autores como PLATT (1972, 1975), PLATT et al. (1970), FASHAN & PIGH (1976) e DENMAN et al. (1977), têm enfatizado as agregações fitoplanctônicas, em escalas muito variáveis, abrangendo de metros a quilômetros. Os recursos de sensoramento remoto são uma ótima ferramenta para esses estudos. Para HARRIS (1980), a distribuição do fitoplâncton no ambiente aquático, é um fenômeno que envolve as *escalas espacial e temporal, nas direções horizontal e vertical. Há, portanto, uma grande variação nas distribuições do fitoplâncton, e na Amazônia Central essa distribuição pode estar muito vinculada aos pulsos do ciclo hidrológico.*

RAI & HILL (1980), encontram-se entre os muitos autores que consideram os lagos de água branca da classificação de SIOLI (1965), assim chamados os lagos de várzea da Amazônia Central, mais produtivos que os demais tipos de lagos da região, com valores de produtividade, situados na faixa de 350 a $1.500 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Valores nessa faixa foram encontrados anteriormente por SCHMIDT (1973b), no Lago Castanho. No presente estudo, registrou-se produtividade por área, com valores entre $634,3 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ e $7.392,3 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ em agosto/87, e entre $254,7$ e $11.712,9 \text{ mg C} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$, em março/88.

Esperava-se que os resultados da produção primária fitoplanctônica no Lago do Rei fossem mais elevados, posto que parece não haver limitação de nutriente, tamponamento e pH, como pode ser visto nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, podendo inclusive se aproximarem daqueles obtidos por GANF (1975) na Lago George (Uganda). SCHMIDT (1973b)

sugere que no Lago Castanho, na Amazônia Central, existam dois tipos de sinal. No primeiro, a produção ocorre somente em uma camada relativamente estreita da coluna d'água, a qual varia de acordo com a extensão das condições sazonais. A segunda característica típica é uma camada relativamente grande de produção, na profundidade máxima de luz, o que ocorre no mais baixo nível de água do lago. FISHER et al. (1988) sugerem que ocorre inibição na absorção de nitrogênio pelas algas, no Lago Calado, em função da intensidade de radiação. HARRIS (1980) propõe que a composição e distribuição das algas pode ser controlada pelos componentes ambientais de alta frequência, enquanto que RAI (1978) sugere que existem boas evidências de que o único fator ecológico importante, que regula a atividade biológica nos ecossistemas aquáticos amazônicos, é a flutuação no nível das águas.

Durante os períodos de estudos deste trabalho, as profundidades máximas, de cada ponto amostral, foram praticamente as mesmas, porém, em agosto/87 o lago estava em vazante e, em março/88, estava em enchente. É muito provável que um estudo sazonal passa esclarecer os mecanismos da dinâmica da produção primária fitoplanctônica, no Lago do Rei.

O conhecimento da dinâmica sazonal, experimentos em diferentes escalas, que venham testar as hipóteses mencionadas a respeito da natureza dos processos ecológicos, assim como o estudo das condições ambientais, da dinâmica da comunidade fitoplanctônica, as medidas de sua produtividade ao longo do tempo e das taxas de crescimento e fotossíntese, são etapas do processo que devem ser entendidas, para que se possa avaliar o estado trófico do ecossistema e melhorar os conhecimentos em relação às cadeias alimentares, ciclagem de material, fluxo de energia e aproveitamento dessas potencialidades pelo homem. Como cita SIOLI (1965), o objetivo final é sempre o de reconhecer o ambiente como um todo.

Os resultados obtidos no presente estudo permitem inferir que, dos lagos da Amazônia Central, estudados até o momento, o Lago do Rei é o que apresenta maior taxa de produtividade primária fitoplanctônica e que esta é controlada provavelmente, não só pela disponibilidade de nutrientes, como também pela radiação solar fotossinteticamente ativa.

Agradecimentos

Aos Técnicos Evandro Oliveira de Soza José Carlos Raposo, Ednelson Baraúna, Rogério Almeida, Walter Nascimento Filho e José Vagner Valente da Silva, pela colaboração valiosa, nos trabalhos de campo e laboratório. Ao Max-Planck Institut, em Plön, Alemanha, pela contagem da radiatividade dos filtros de produção primária. A ORSTOM pela utilização do flutuante no Lago do Rei. Este trabalho foi apoiado pelos convênios INPA/AIEA.

Referências

- ANAN'EV, G.M. & D.A. ZAKHZHEVSKII (1982): Photosynthetic inhibitors selectively suppress separate phases in the kinetics of O₂ evolution by Chlorella cells under conditions of pulsed illumination. - Soviet Plant Physiology 29(6,1): 853-858.
- ANDERSEN, J.M. & K. SAND-JENSEN (1980): Discrepances between the O₂ and ¹⁴C methods for measuring phytoplankton gross photosynthesis at low light levels. - Oikos 35: 359-364.

- BAKER, A.L., BROOK, A.J. & A.R. KLEMER (1969): Some photosynthetic characteristics of a naturally occurring populations of *Oscillatoria agardhii* GROMONT. - *Limnol. Oceanogr.* **14**(3): 327-333.
- BANNISTER, T.T. (1974): Production equations in terms of chlorophyll concentrations, quantum yield, and upper limit to production. - *Limnol. Oceanogr.* **19**(1): 1-12.
- BARBOSA, F.A.R. & J.G. TUNDISI (1980): Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow Quaternary lake at Eastern Brazil. - *Arch. Hydrobiol.* **90**(2): 139-161.
- BONEY, A.D. (1989): *Phytoplankton*. - Edward Arnold Ed., London, 2nd ed. 118 pp.
- COLLART, O.O. & L.C. MOREIRA (1989): Quelques caractéristiques physico-chimiques d'un lac de várzea en Amazonie Centrale (Lago do Rei, Ile de Careiro). - *Rev. Hydrobiol. Trop.* **22**(3): 191-199.
- DENMAN, K.L., OKUBO, A. & T. PLATT (1977): The chlorophyll fluctuation spectrum in the sea. - *Limnol. Oceanogr.* **22**: 1022-1038.
- DUBINSKY, Z. & T. BERMAN (1981): Photosynthetic efficiencies in aquatic ecosystems. - *Verh. Int. ver. Limnol.* **21**(1): 237-243.
- FASHAN, M.J. & P.R. PIG (1976): Observations on the horizontal coherence of chlorophyll-a and temperature. - *Deep-Sea Research* **23**: 527-538.
- FINDENEGG, I. (1985): Relationship between standing crop and primary productivity. - *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* **18**: 271-289.
- FISHER, T.R. (1978): Plâncton e produção primária em sistemas aquáticos da bacia da Amazônia Central. - *Acta Amazonica (Suppl.)* **8**(4): 43-54.
- FISHER, T.R., MORRISSEY, K.M., CARLSON, P.R. & J.M. MELACK (1988): Nitrate and ammonium uptake by plankton in an Amazon floodplain lake. - *J. Plankton Res.* **10**(1): 7-29.
- GALLEGOS, C.L., HORNBERGER, G.M. & M.G. KALLY (1980): Photosynthesis light relationships of a mixed culture of phytoplankton in fluctuating light. - *Limnol. Oceanogr.* **25**(6): 1082-1092.
- GANF, G.G. (1975): Photosynthetic production and irradiance-photosynthesis relationships of the phytoplankton from a shallow equatorial lake (Lake George, Uganda). - *Oecologia* **18**: 165-183.
- GOLTERMAN, H.L., CLYMO, R.J. & M.A.M. OHNSTED (1978): *Methods for chemical analysis of freshwater*. - IBP Handbook no. 8, Blackwell Sci. Publ., 2nd edition, Oxford, 213 pp.
- HARRIS, G.P. (1980): Spatial and temporal scales in phytoplankton ecology. Mechanisms, methods, models, and management. - *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* **37**: 877-900.
- HARRIS, G.P. (1983): Mixed layer physics and phytoplankton populations: Studies in equilibrium and non-equilibrium ecology. - *Progress in Phycological Research* **2**: 1-58.
- LINDEMAN, R.C. (1942): The Trophic-dynamic aspect of ecology. - *Ecology* **23**: 399-418.
- LOPES, U.B., SANTOS, U.M. & A. NOVIKOFF (1981/1982): Étude limnologique des eaux du lac du Arroz. - *Cah. ORSTOM, ser. geol.* **12**(2): 147-164.
- MACKERETH, F.J.H., HERON, J. & J.F. TALLING (1978): *Water analysis: Some revised methods for limnologists*. - *Freshwater Biological Assoc., Scientific Publi. no. 36*, London, 121 pp.
- MARGALEF, R. (1983): *Limnologia*. - Ediciones Omega S.A., Barcelona, 1010 pp.
- MARLIER, G. (1967): Ecological studies of some lakes of the Amazon valley. - *Amazoniana* **1**(2): 91-115.
- PLATT, T. (1972): Local phytoplankton abundance and turbulence. - *Deep-Sea Research* **19**: 183-187.
- PLATT, T. (1975): The Physical environment and the spatial structure of phytoplankton populations. - *Mem. Soc. R. Sci. Liege* **7**: 9-17.
- PLATT, T., DICKIE, L.M. & R.W. TRITES (1970): Spatial heterogeneity of phytoplankton in a nearshore environment. - *J. Fish. Res. Bd. Canada* **27**: 1453-1473.
- RAI, H. (1978): Distribution of carbon, chlorophyll-a and phaeo-pigments in the black water lake ecosystem of Central Amazon Region. - *Arch. Hydrobiol.* **82**(1/4): 74-87.
- RAI, H. & G. HILL (1980): Classification of Central Amazon lakes on basis of their microbiological and physico-chemical characteristics. - *Hydrobiologia* **72**: 85-99.
- RIBEIRO, J.S.B. (1978): Fatores ecológicos, produção primária e fitoplâncton em cinco lagos da Amazônia Central. Estudo preliminar. - Tese de Mestrado, Univ. Federal de São Carlos, S. Paulo, Brasil, 143 p.

- RIBEIRO, J.S.B. (1983): Estudo sazonal de fatores ambientais, nutrientes e biomassa do fitoplâncton no Lago Jacaretinga (Amazônia Central). - Tese de Doutorado, Univ. Federal de São Carlos, S. Paulo, Brasil, 99 p.
- RODRIGUES, M.S. (1992): A comunidade fitoplanctônica de um lago de várzea da Amazônia Central (Lago do Camaleão, Ilha de Marchantaria): Variação temporal e espacial, biomassa, composição de espécies e produtividade. - Tese de Doutorado, INPA/FUA, Manaus, Brasil, 194 p.
- SANTOS, U. DE M. (1977): Aspectos limnológicos do Lago Grande do Jutai (Amazônia Central), face as alterações químicas do meio hídrico da região. - Tese de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, Piracicaba-S. Paulo, Brasil, 73 p.
- SCHMIDT, G.W. (1973a): 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(4): 139-203.
- SCHMIDT, G.W. (1973b): Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. III. Primary productivity of phytoplankton in a tropical floodplain lake of Central Amazonia, Lago do Castanho, Amazonas, Brazil. - *Amazoniana* 4(4): 379-404.
- SCHMIDT, G.W. (1976): Primary production of phytoplankton in the three types of Amazonian waters. IV. On the primary productivity of phytoplankton in a bay of the lower Rio Negro (Amazonas, Brazil). - *Amazoniana* 5: 517-528.
- SIOLI, H. (1965): A limnologia e a sua importância em pesquisas da Amazônia. - *Amazoniana* 1: 11-35.
- STEEMAN-NIELSEN, E. (1951): Measurement of the production of organic matter in the sea. - *Nature* 167: 684.
- TEIXEIRA, C. (1973): Introdução aos métodos para medir a produção primária de fitoplâncton marinho. - *Boletim do Instituto Oceanográfico, (São Paulo, Brasil)* 22: 59-92.
- TUNDISI, J.G. (1977): Produção primária, "standing-stock", fracionamento do fitoplâncton e fatores ecológicos em ecossistema lacustre artificial (Represa do Broa, São Carlos). - Tese de Livre-Docência, USP, Ribeirão Preto, S. Paulo, Brasil, 409 p.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1974): A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. - IBP Handbook no. 12, Blackwell Sci. Publ., London, 213 pp.

