

# DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE EUTROFIZAÇÃO DE RESERVATÓRIOS: ESTUDO DE CASO DO LAGO BARIGUI



Msc. Carla Cristina Bem

Curitiba, 2009

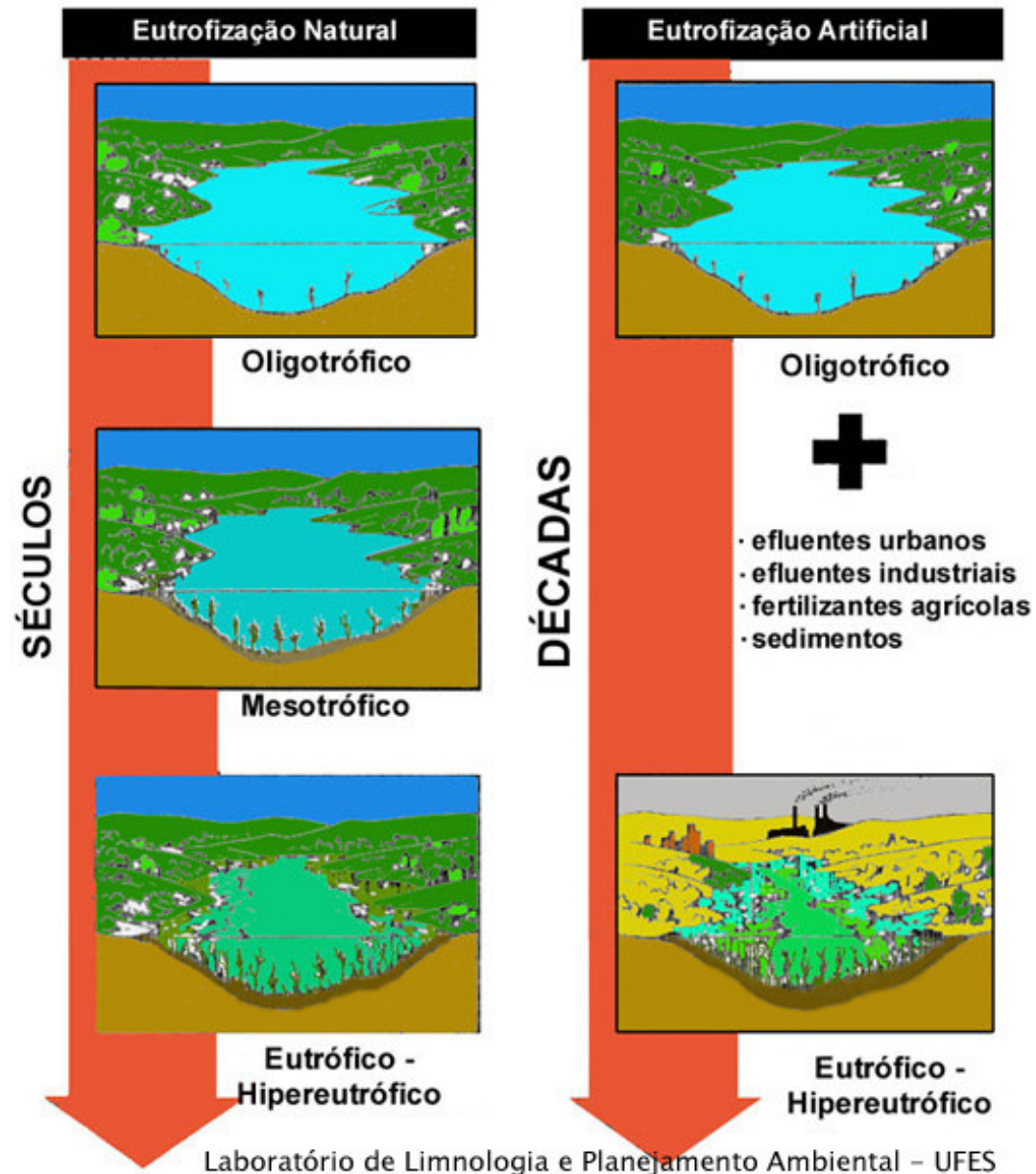


**Diferentes usos : Diferentes qualidades requeridas**

# CONCEITO DE EUTROFIZAÇÃO

Crescimento excessivo de plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo aquático ( Thomann e Mueller, 1987).

# Eutrofização natural X Eutrofização cultural



# IMPACTOS CAUSADOS PELA EUTROFIZAÇÃO:

- problemas estéticos e recreacionais;
- grandes variações diurnas na concentração de oxigênio dissolvido podem resultar em concentrações baixas à noite, podendo ocasionar a morte de peixes;
- fitoplâncton e outras plantas criam uma demanda de oxigênio no sedimento de sistemas aquáticos que, por sua vez, resulta em valores baixos de oxigênio dissolvido no hipolímnio de lagos e reservatórios;
- diatomáceas e algas filamentosas podem bloquear o fluxo de tratamento de filtros e resultar na redução do tempo da retrolavagem;
- crescimento excessivo de macrófitas aquáticas aderidas que podem interferir na navegação, aeração e capacidade de transporte pelo canal.

# INDICADORES DE NÍVEL TRÓFICO

Sistemas convencionais classificam em termos de concentração:

- PT,  $\text{PO}_4^{-3}$ , NT, COT e Cla.

**Problema:** são baseadas em estudos de regiões temperadas

# INDICADORES DE NÍVEL TRÓFICO - ÍNDICE

Os Índices de qualidade da água foram propostos visando resumir as variáveis analisadas em um número, que possibilite observar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço e que sirva para facilitar a interpretação de variáveis ou indicadores.

# ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO - IET

Foi desenvolvido por Carlson (1977), com o objetivo de tornar mais clara a comunicação de estudos envolvendo a eutrofização e a classificação de corpos aquáticos.

**Finalidade:** classificar corpos aquáticos em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas, ou o potencial para o crescimento.



# ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO - IET

$$IET(SD) = 10 \times \left( 6 - \frac{\ln SD}{\ln 2} \right)$$

$$IET(CLa) = 10 \times \left( 6 - \frac{2,04 - 0,68 \times \ln CLa}{\ln 2} \right)$$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{\frac{\ln 48}{PT}}{\ln 2} \right)$$

# ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO – IET adaptado por Toledo Jr. *et al.* (1983)

$$IET(SD) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,64 + \ln SD}{\ln 2} \right)$$

- Oligotrófico se:  $IET < 44$

$$IET(CLa) = 10 \times \left( 6 - \frac{2,04 - 0,695 \times \ln CLa}{\ln 2} \right)$$

- Mesotrófico se:  $44 \leq IET \leq 54$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{PT}}{\ln 2} \right)$$

- Eutrófico se:  $IET > 54$

$$IET(PO^{-3}_4) = 10 \times \left( 6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{PO^{-3}_4}}{\ln 2} \right)$$

# ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO – IET adaptado por Toledo Jr. (1990)

$$IET(SD) = 10 \times \left( 6 - \frac{0,64 + \ln SD}{\ln 2} \right)$$

- Ultraoligotrófico se:  $IET \leq 24$

$$IET(CLa) = 10 \times \left( 6 - \frac{2,04 - 0,695 \times \ln CLa}{\ln 2} \right)$$

- Oligotrófico se:  $24 \leq IET \leq 44$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{PT}}{\ln 2} \right)$$

- Mesotrófico se:  $44 \leq IET \leq 54$

- Eutrófico se:  $54 \leq IET \leq 74$

$$IET(PO^{-3}_4) = 10 \times \left( 6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{PO^{-3}_4}}{\ln 2} \right)$$

- Hipereutrófico se:  $IET > 74$

# ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO – IET modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios

$$IET(CLa) = 10 \times \left( 6 - \frac{(0,92 - 0,34 \times (\ln CLa))}{\ln 2} \right)$$

$$IET(PT) = 10 \times \left( 6 - \frac{(1,77 - 0,42 \times (\ln PT))}{\ln 2} \right)$$

$$IET = \frac{[IET(PT) + IET(CLa)]}{2}$$

## Categorias tróficas – IET Lamparelli (2004)

Estado Trófico	Critério	P-total (mg PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> .m <sup>-3</sup> )	Clorofila a – (mg.m <sup>-3</sup> )
Ultraoligotrófico	IET <47	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET < 52$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET < 59$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET < 63$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET < 67$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$233 < P$	$69,05 < CL$

**Classificação do estado trófico segundo o Índice e Carlson modificado para lagos e reservatórios**

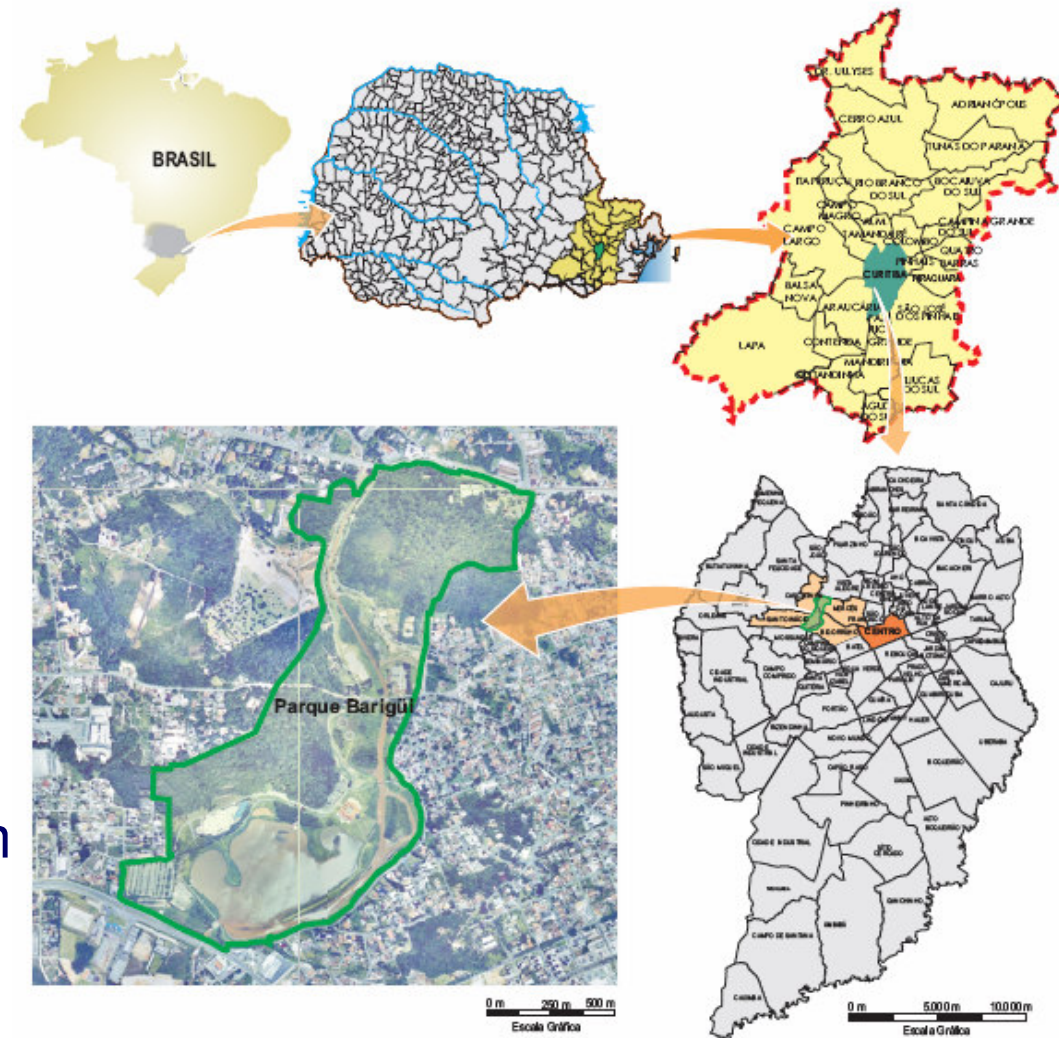
# **Estudo de caso do lago Barigui**

# MATERIAL E MÉTODOS

## ÁREA DE ESTUDO

### Lago Barigui: lago de drenagem superficial

- Criado em 1972;
- Volume médio: 356 mil m<sup>3</sup>
- Área: 270 mil m<sup>2</sup>
- Baixa profundidade: 0,10 a 1,85 m
- Tempo de residência: 2 dias



# MATERIAL E MÉTODOS

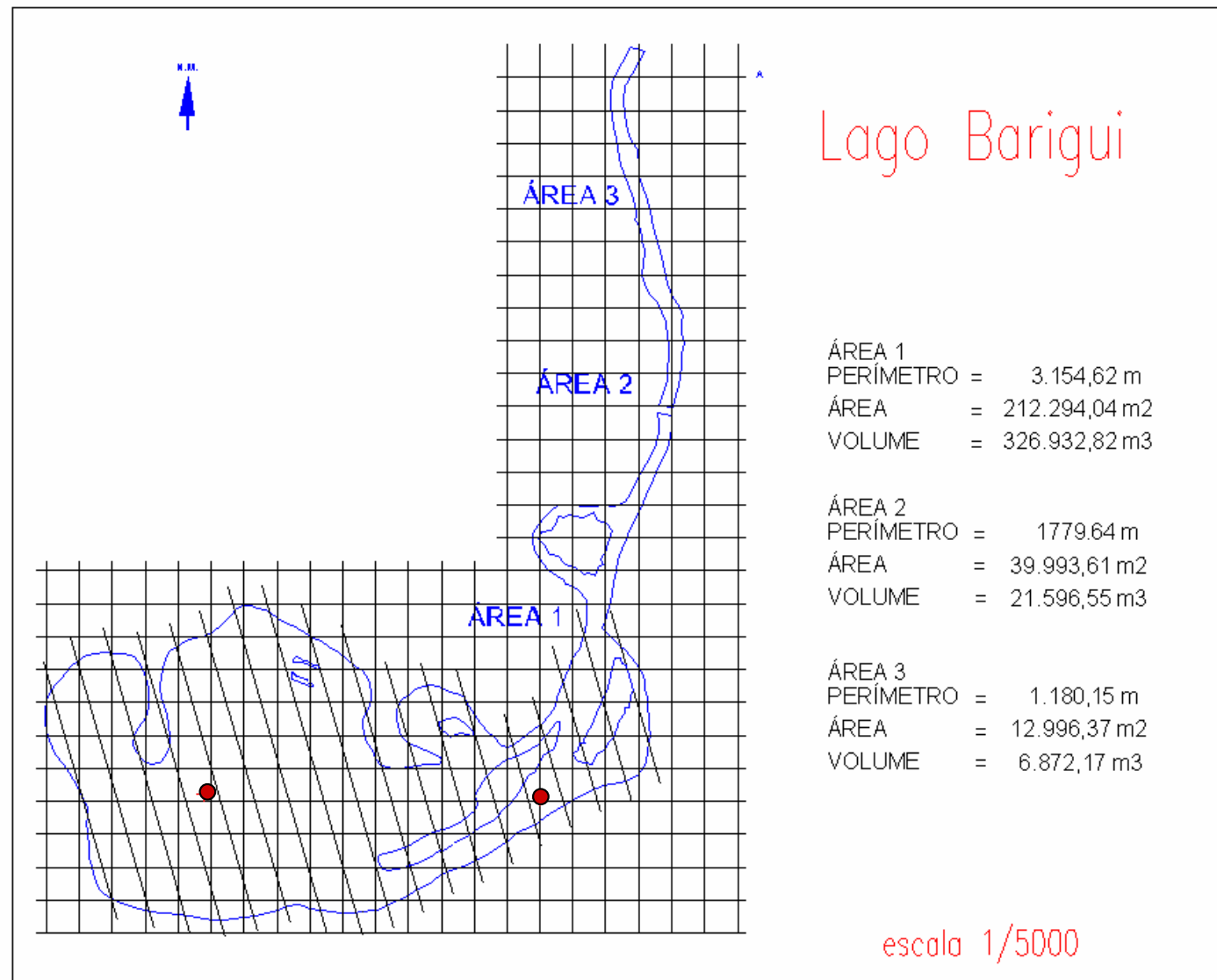
## Pontos de coleta

P1: 25°25'48.38" S  
181°18'29.20" N

P2: 25°25'48.45" S  
181°18'29.20" N

CAMPANHA	DATA
1ª Campanha	23/04/2008
2ª Campanha	18/06/2008
3ª Campanha	30/09/2008
4ª Campanha	03/12/2008

## Datas das campanhas



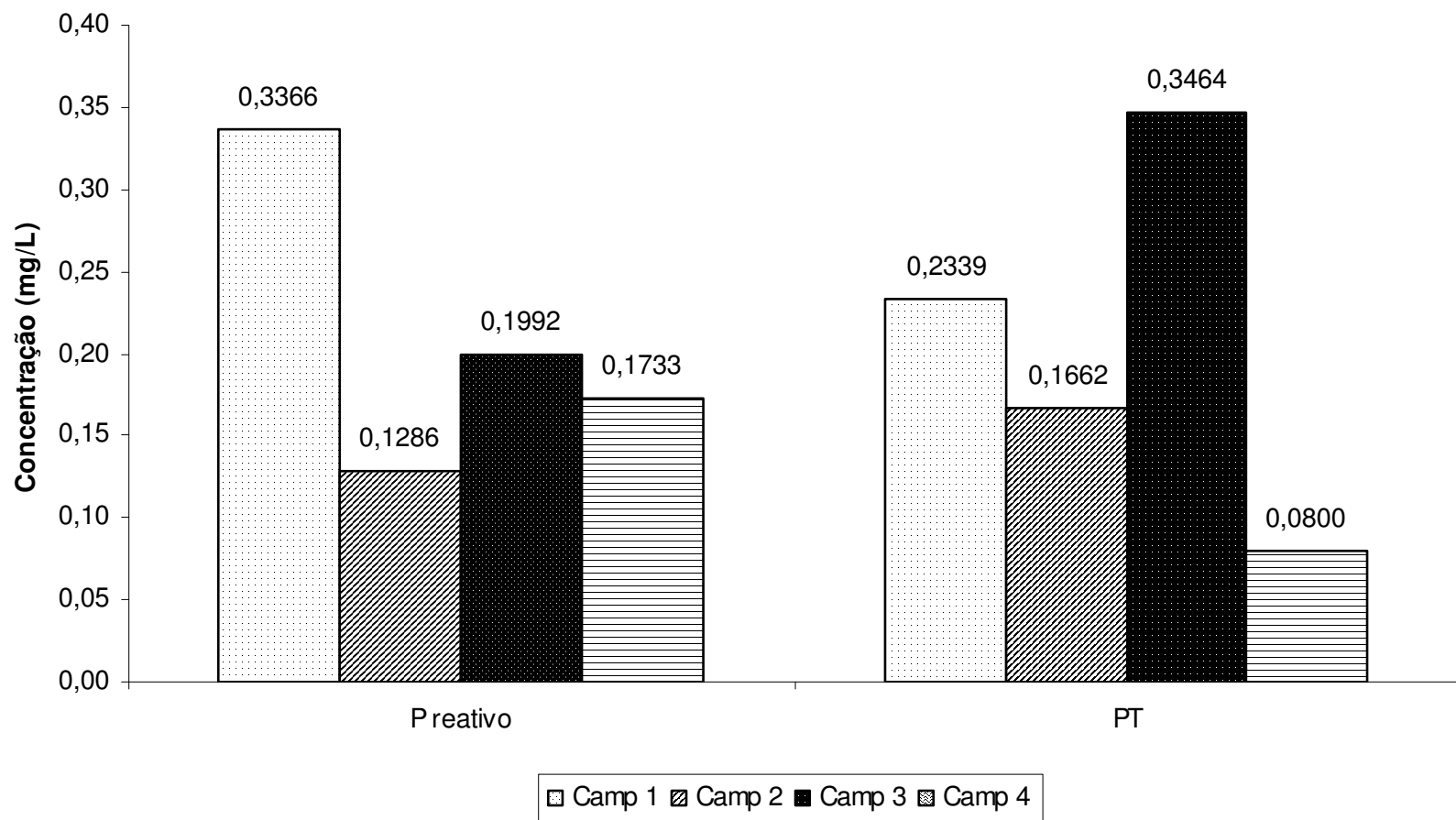


# RESULTADOS OBTIDOS

## AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES E CLOROFILA-*a*

Para as quatro campanhas de coleta de amostras no lago Barigui foram realizadas análises para determinar a concentração de fósforo total, fósforo reativo dissolvido, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico e clorofila-*a*.

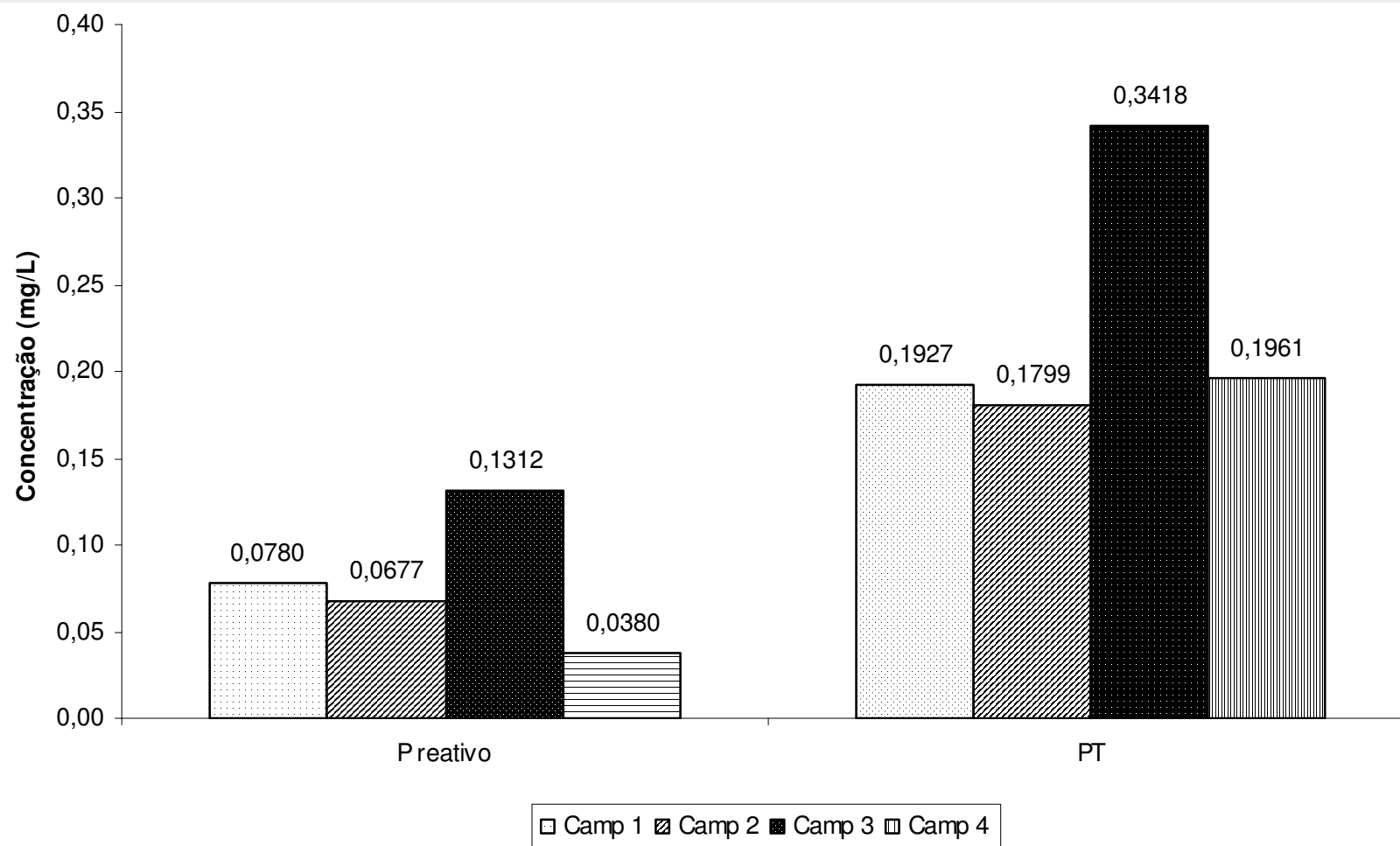
# RESULTADOS OBTIDOS



## Espécies de Fósforo no P1

Legenda: P reativo (Fósforo reativo dissolvido), PT (Fósforo total)

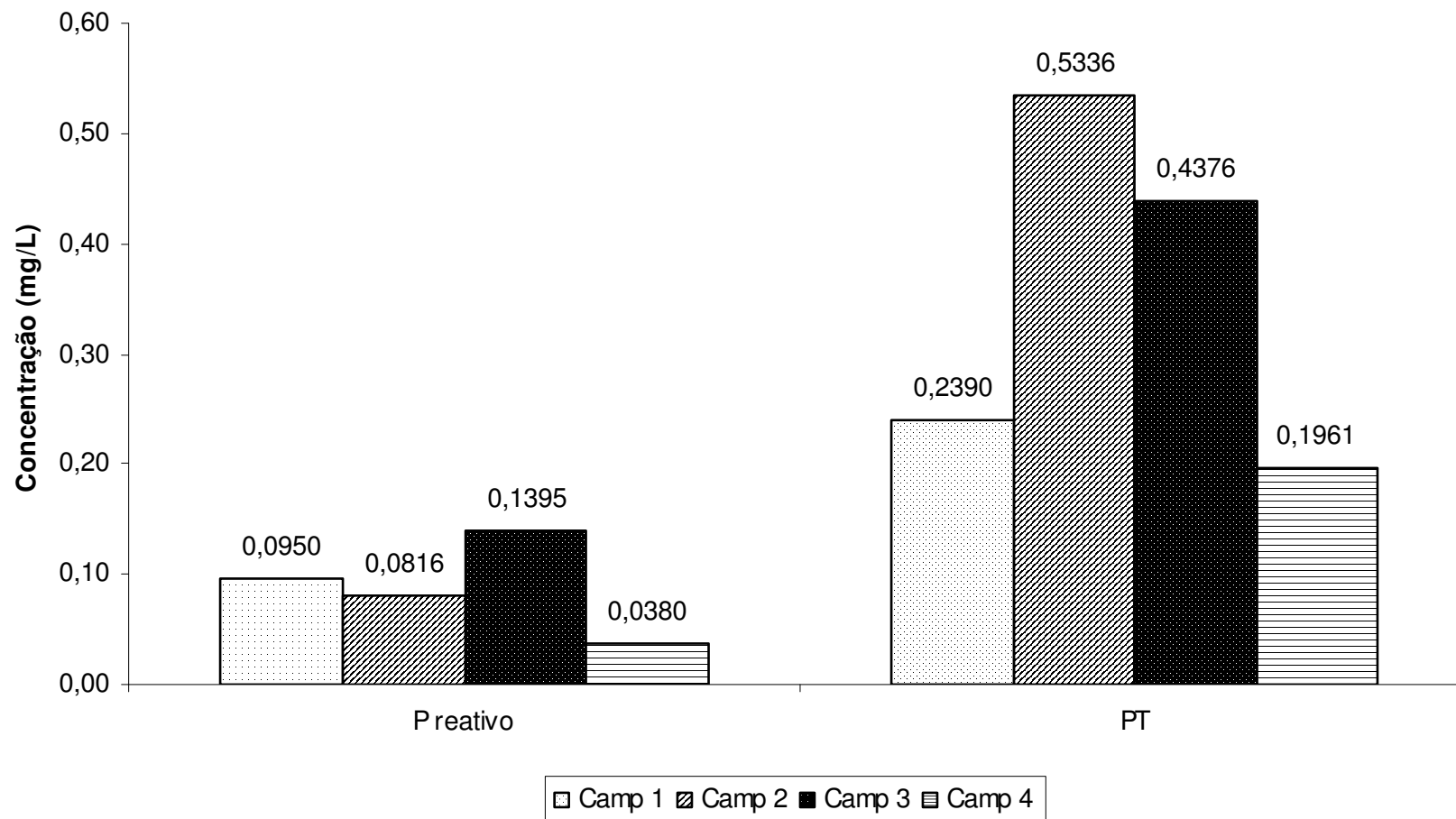
# RESULTADOS OBTIDOS



## Espécies de Fósforo no P2A

Legenda: P reativo (Fósforo reativo dissolvido), PT (Fósforo total)

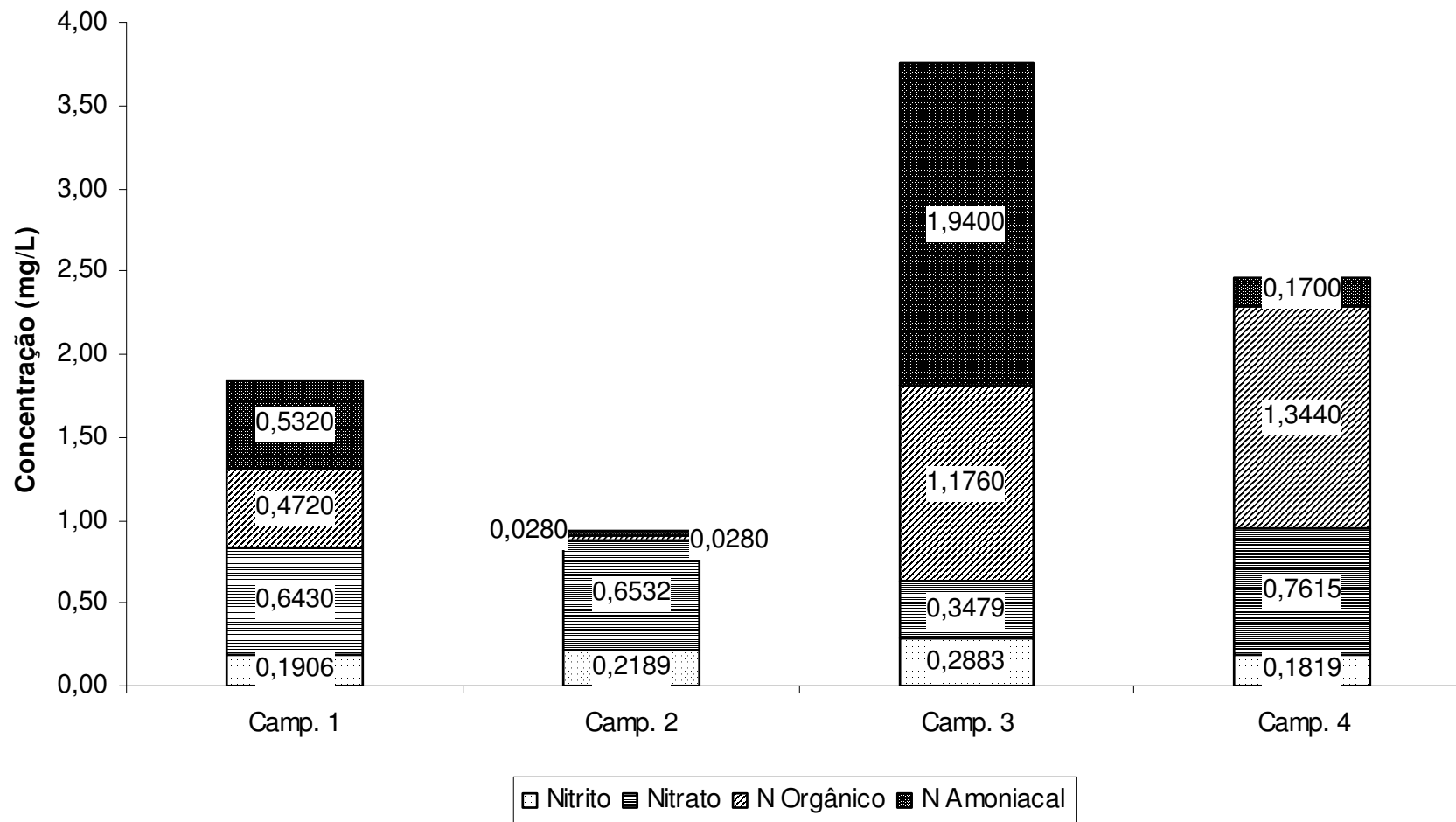
# RESULTADOS OBTIDOS



## Espécies de Fósforo no P2B

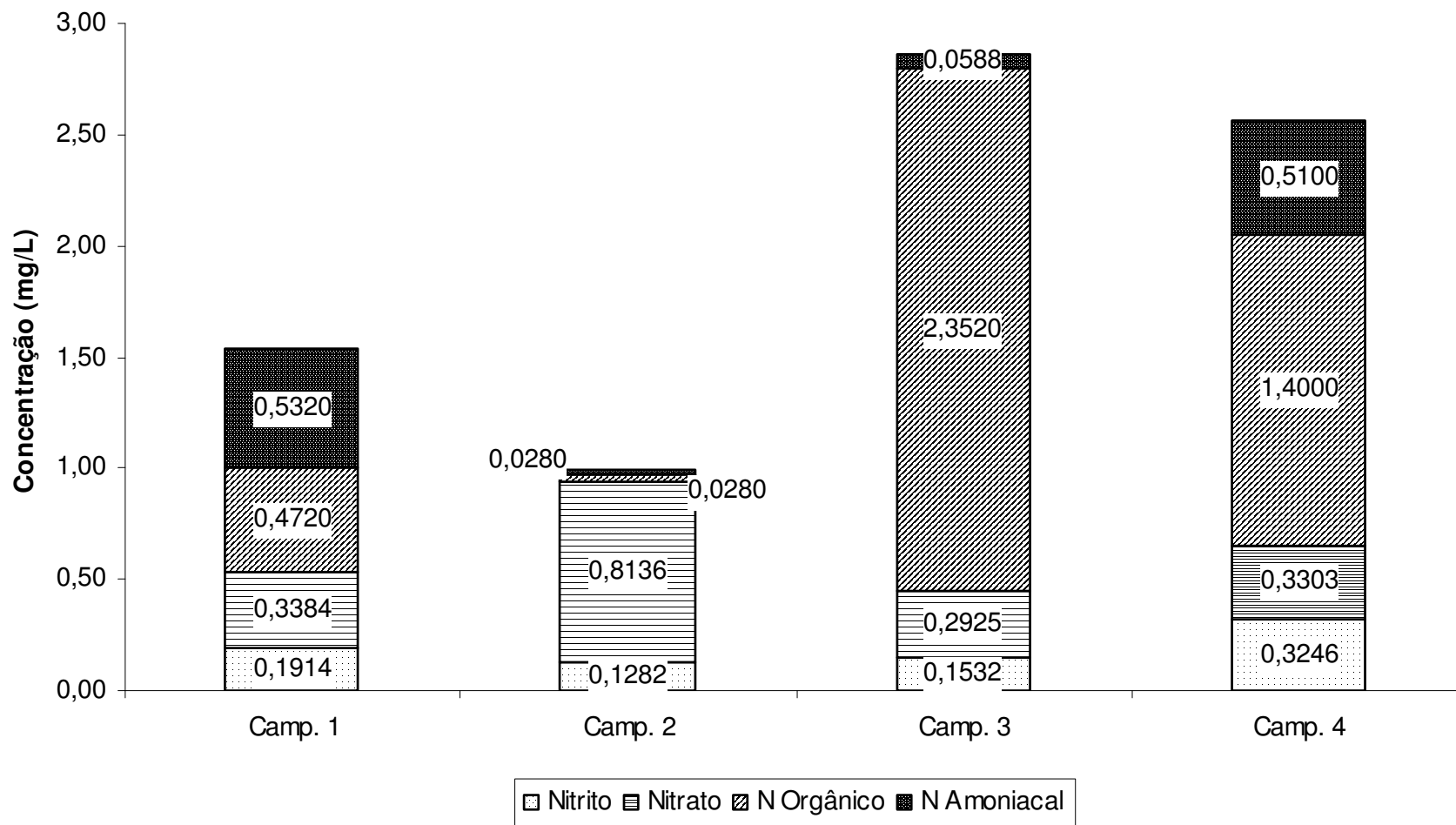
Legenda: P reativo (Fósforo reativo dissolvido), PT (Fósforo total)

# RESULTADOS OBTIDOS



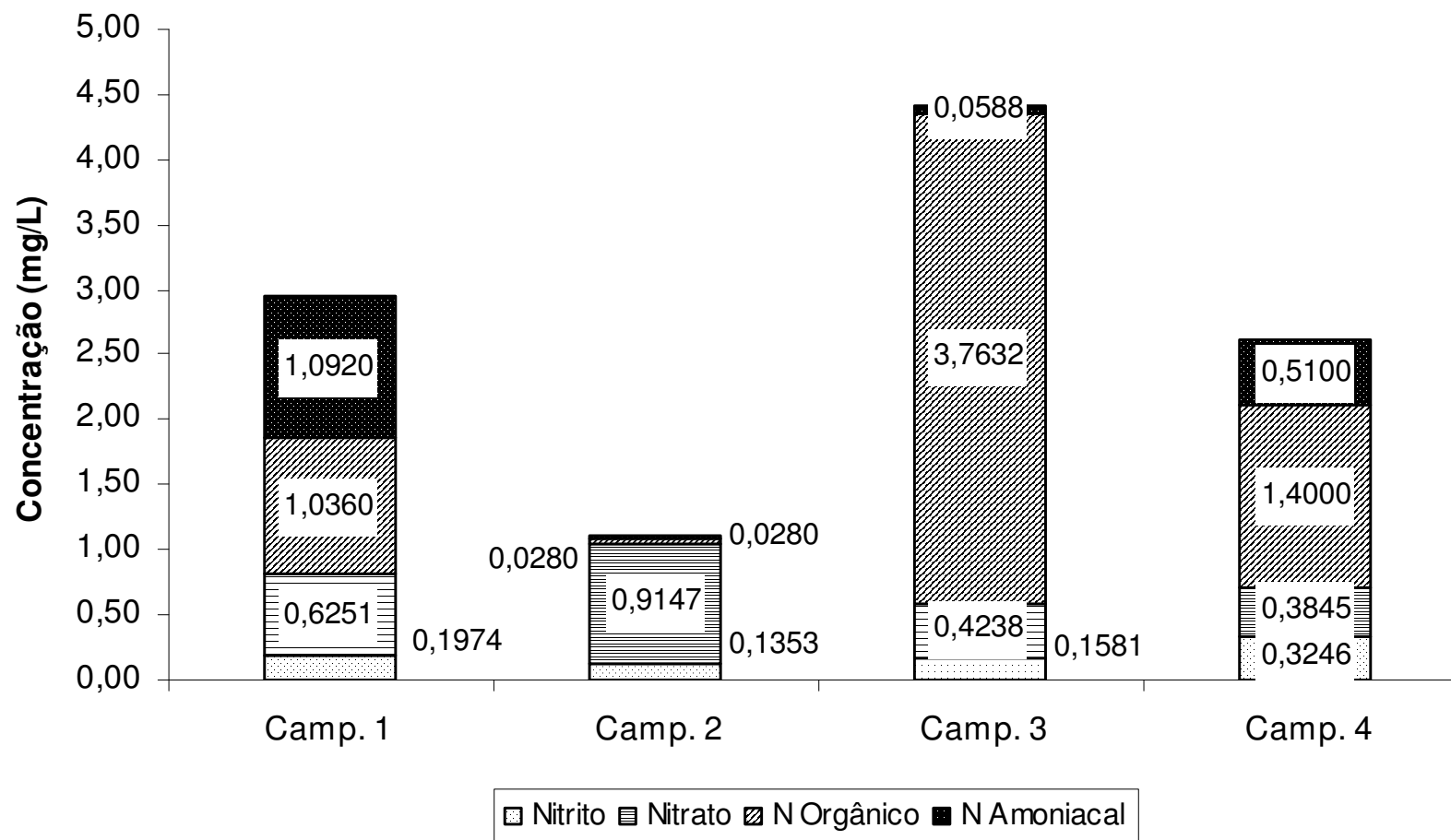
## Espécies de Nitrogênio no P1

# RESULTADOS OBTIDOS



## Espécies de Nitrogênio no P2A

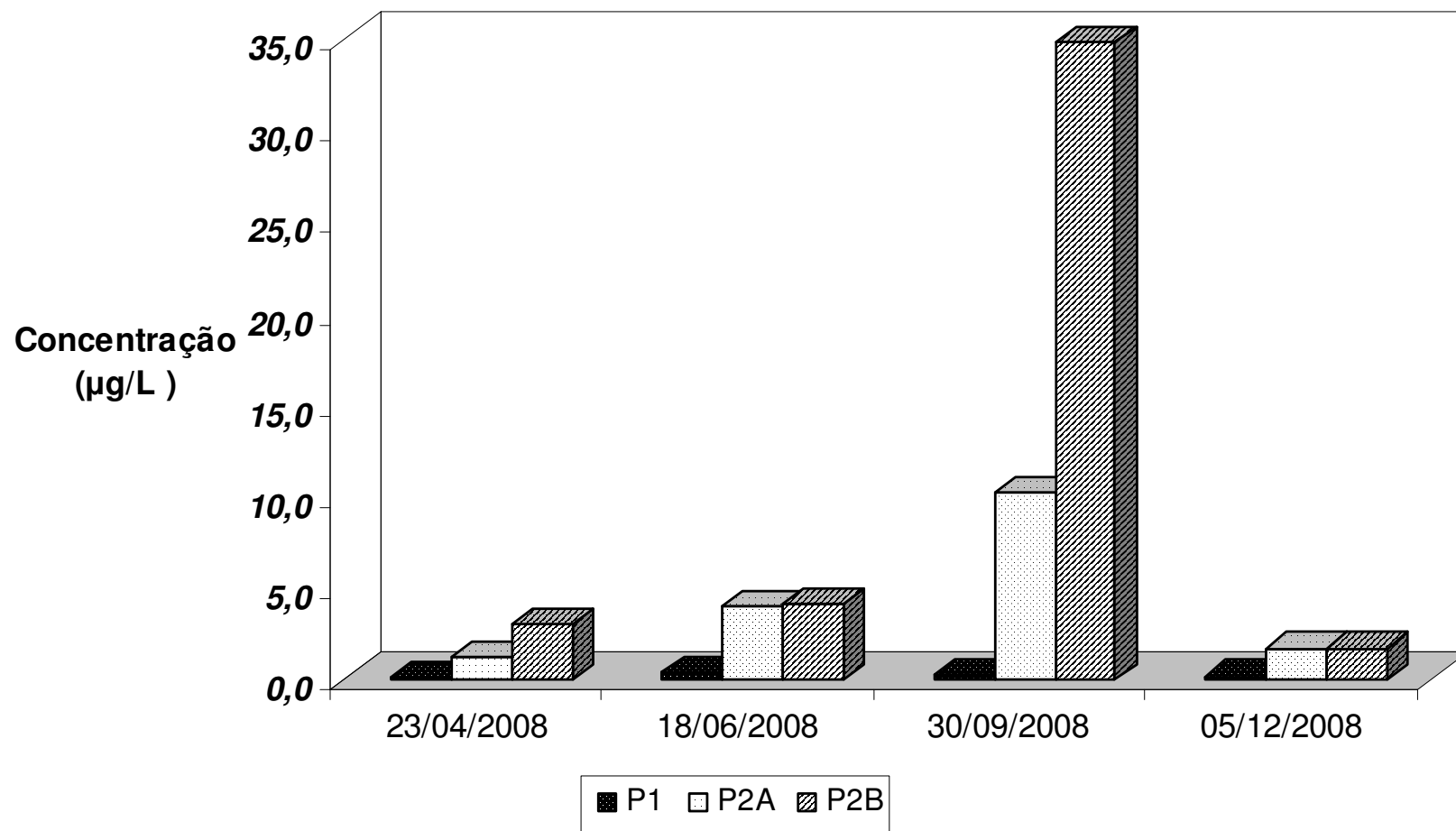
# RESULTADOS OBTIDOS



## Espécies de Nitrogênio no P2B

Determinação do estado de eutrofização em reservatórios – Estudo de caso do lago Barigui

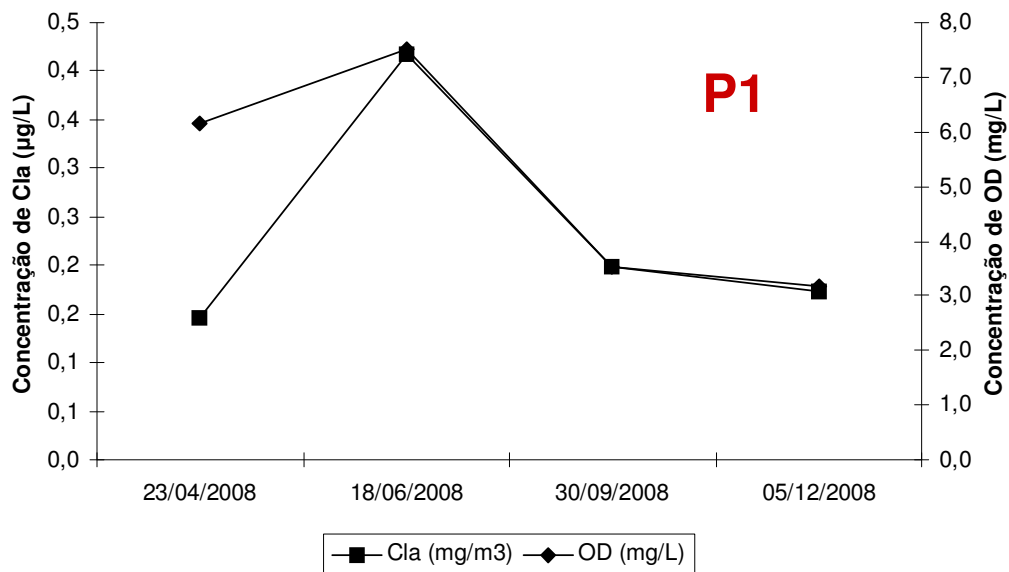
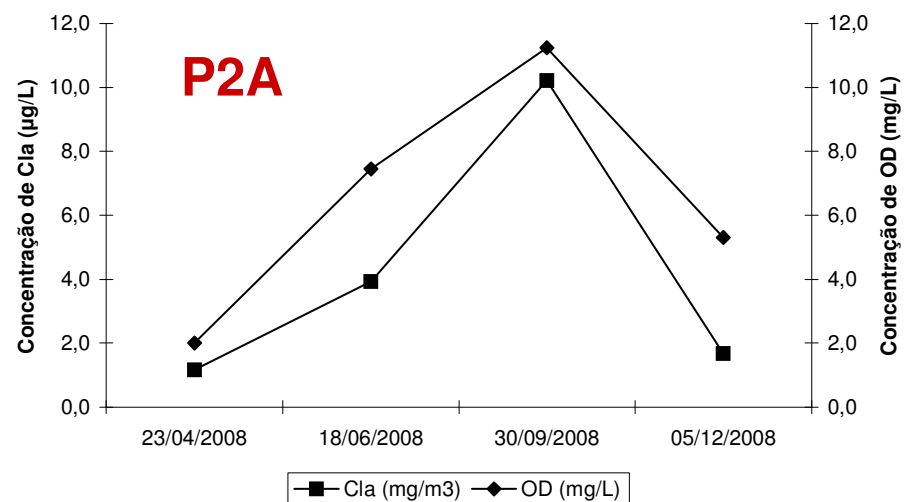
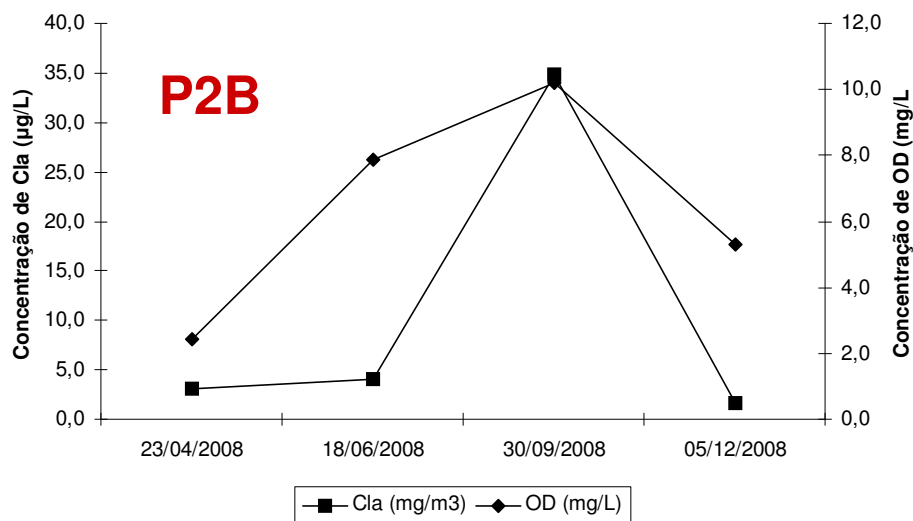
# RESULTADOS OBTIDOS



## Concentração de clorofila-a nos pontos de coleta



# RESULTADOS OBTIDOS



## Perfil da concentração de OD em relação a concentração de Cla

*Determinação do estado de eutrofização em reservatórios – Estudo de caso do lago Barigui*

# RESULTADOS OBTIDOS

## ÍNDICE DO ESTADO TRÓFICO

Aplicando-se as equações desenvolvidas por Lamparelli (2004), para cálculo do Índice do Estado Trófico, para as concentrações de fósforo total e de clorofila-*a*, foi possível determinar o nível trófico de cada ponto de coleta, para as quatro campanhas realizadas.

# RESULTADOS OBTIDOS

<b>P1</b>	<b>IET (PT)</b>	<b>Classificação</b>	<b>IET (CLa)</b>	<b>Classificação</b>	<b>IET Médio</b>
<b>Campanha 1</b>	67	Hipereutrófico	42	Ultraoligotrófico	Mesotrófico
<b>Campanha 2</b>	65	Supereutrófico	42	Ultraoligotrófico	Mesotrófico
<b>Campanha 3</b>	71	Hipereutrófico	39	Ultraoligotrófico	Mesotrófico
<b>Campanha 4</b>	66	Supereutrófico	38	Ultraoligotrófico	Mesotrófico

Nota: Índice do Estado Trófico, classificação de acordo com Lamparelli (2004)

# RESULTADOS OBTIDOS

<b>P2A</b>	<b>IET (PT)</b>	<b>Classificação</b>	<b>IET (CLa)</b>	<b>Classificação</b>	<b>IET Médio</b>
<b>Campanha 1</b>	66	Supereutrófico	47	Ultraoligotrófico	Mesotrófico
<b>Campanha 2</b>	65	Supereutrófico	53	Mesotrófico	Eutrófico
<b>Campanha 3</b>	70	Hipereutrófico	58	Mesotrófico	Supereutrófico
<b>Campanha 4</b>	65	Supereutrófico	46	Oligotrófico	Mesotrófico





Nota: Índice do Estado Trófico, classificação de acordo com Lamparelli (2004)

# RESULTADOS OBTIDOS

<b>P2B</b>	<b>IET (PT)</b>	<b>Classificação</b>	<b>IET (CLa)</b>	<b>Classificação</b>	<b>IET Médio</b>
<b>Campanha 1</b>	67	Hipereutrófico	52	Oligotrófico	Eutrófico
<b>Campanha 2</b>	75	Hipereutrófico	53	Mesotrófico	Supereutrófico
<b>Campanha 3</b>	71	Hipereutrófico	64	Supereutrófico	Hipereutrófico
<b>Campanha 4</b>	66	Supereutrófico	49	Oligotrófico	Mesotrófico

Nota: Índice do Estado Trófico, classificação de acordo com Lamparelli (2004)

# RESULTADOS OBTIDOS

Campanha	Ponto de coleta	Nitrogênio total	Fósforo total	N/P
1	P1	1,8376	0,2339	7,8
2		0,9281	0,1662	5,6
3		3,7522	0,4193	8,9
4		2,4574	0,1926	12,7 
1	P2A	1,5338	0,1927	7,9
2		0,9978	0,1799	5,5
3		2,8565	0,3418	8,3
4		2,5649	0,1961	13,1 
1	P2B	2,7531	0,2390	11,5 
2		0,9707	0,5336	1,8
3		4,2458	0,4376	9,7
4		2,6191	0,1961	13,3 

**Relação N:P**

# CONCLUSÃO

- Em relação às quatro campanhas, a aplicação do IET(PT), permitiu classificar o sistema em categorias que variaram de supereutrófico a hipereutrófico, enquanto o IET(Cla) variou de ultraoligotrófico a supereutrófico (P2B, 3ª campanha).
- Deve ser considerado que o sistema não se encontra em processo de eutrofização plenamente estabelecido, pois os resultados das categorias tróficas do IET(PT) e IET(Cla) não coincidem.
- Apesar disso, a aplicação do IET mostrou-se como uma ferramenta eficaz e de fácil aplicação ao monitoramento da qualidade da água.
- Deve ser salientado que a aplicação do IET(CLa) foi de grande importância para avaliar o nível trófico durante o florescimento das algas, tendo possibilitado classificar o sistema como supereutrófico no P2B, na 3ª campanha.

# REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WPC – American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20<sup>th</sup> Ed., 1998.

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

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FERREIRA, R. M., BARROS, N. O., DUQUE ESTRADA, C. H., ROLAND, F. Caminhos do fósforo em ecossistemas aquáticos continentais. **Lições de limnologia**. Cap. 13. Rima Editora, 2005.

LAMPARELLI, Marta C. **Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento**. 238 p. Tese (Doutorado) Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

THOMANN, R. VB., MUELLER, J. A. **PRINCIPLES OF SURFACE WATER QUALITY MODELING AND CONTROL**. New York: Harper & Row, 1987.

TOLEDO Jr., A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. 1983, Camboriú; Anais do 12<sup>o</sup> Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental.