



## Avaliação Limnológica do Reservatório do Irai e dos Tributários Timbu, Curralinho e Canguiri, Bacia do Alto Iguaçu, Curitiba, Paraná

**Wosiack, A.C.; Pagioro, T.A.; Dias, L.N.; Azevedo, J.C., Endlich, L. L.**

IAP (Instituto Ambiental do Paraná)

### Resumo

O IAP (Instituto Ambiental do Paraná) monitora a Bacia do Iraí desde antes da formação do lago que se deu no inicio de 2001. No presente estudo, são avaliadas as tendências de qualidade de água do reservatório do Irai e tributários Timbu, Curralinho e Canguiri. No reservatório são avaliados, semestralmente, parâmetros físicos químicos e biológicos (fitoplanton e clorofila *a*), sendo também monitoradas as taxas de cianotoxinas na água “in natura”. Nos rios o monitoramento é trimestral através de variáveis físico-químicas e coliformes. O Rio Timbu é classificado como poluído sendo o principal contribuinte das cargas orgânicas do reservatório. Os rios Curralinho e Canguiri são classificados como mediamente poluídos. Os resultados obtidos indicam a tendência eutrófica-hipereutrófica do reservatório do Irai, que é evidenciado pela floração permanente de cianobactérias. Florações têm comprometido seriamente a qualidade de água e aumentado os custos de tratamento, devido à produção de compostos organolépticos e toxinas, bem como pela geração de excessivas cargas de matéria orgânica autóctone. O elevado grau de trofia do reservatório tem como reflexo, densidade fitoplancônica máxima de 1.188.366 cél/ml em set-2004, elevados valores de clorofila-*a* e a floração permanente de cianobactérias. Como consequência, há produção de compostos organolépticos e toxinas, chegando a 70,9 µg/L de microcistina, as quais vêm comprometendo seriamente a qualidade de água e aumentando os custos de seu tratamento. O trabalho evidencia a necessidade de adoção de medidas profiláticas e terapêuticas para saneamento da bacia

Palavras-chave: Reservatório do Irai, Timbu, Curralinho, Canguiri, AIQA, IQAr.

Área Temática: Recursos Hídricos

### 1 Introdução

A grande demanda por água limpa, que conte cole vários usos, tem feito com que os reservatórios sejam geralmente construídos em regiões com maior densidade populacional, resultando no agravamento dos sérios problemas de uso e ocupação do solo no seu entorno, e gerando problemas de eutrofização. A eutrofização artificial pode gerar consequências drásticas para um ecossistema, impedindo a utilização múltipla dos recursos hídricos, afetando diretamente o componente biótico, gerando o aumento acentuado da biomassa de algas e de macrófitas aquáticas, afetando ainda e o componente sócio-econômico, por gerar compostos nocivos na água potável (Mehner & Benndorf, 1995). Segundo esses autores, como resultados indiretos desse processo, podem ser ainda citados: alterações na estrutura de todas as comunidades aquáticas, decréscimo das concentrações de oxigênio dissolvido, formação de gás sulfídrico e mortandades massivas de peixes.

Aportes de efluentes não tratados de origem doméstica ou industrial, bem como da agricultura têm gerado problemas de eutrofização e alterado os padrões de evolução e



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

ontogenia de muitos reservatórios brasileiros (Tundisi et al., 1993; Tundisi, 1994; Agostinho et al., 1995). Um levantamento sobre a qualidade da água de dezenove reservatórios que vem sendo monitorados pelo Instituto Ambiental do Paraná, revelou que dentre eles, doze apresentavam-se "moderadamente degradados" e cinco foram considerados de "criticamente degradados" a "severamente poluídos" (Fornarolli-Andrade et al., 1997)

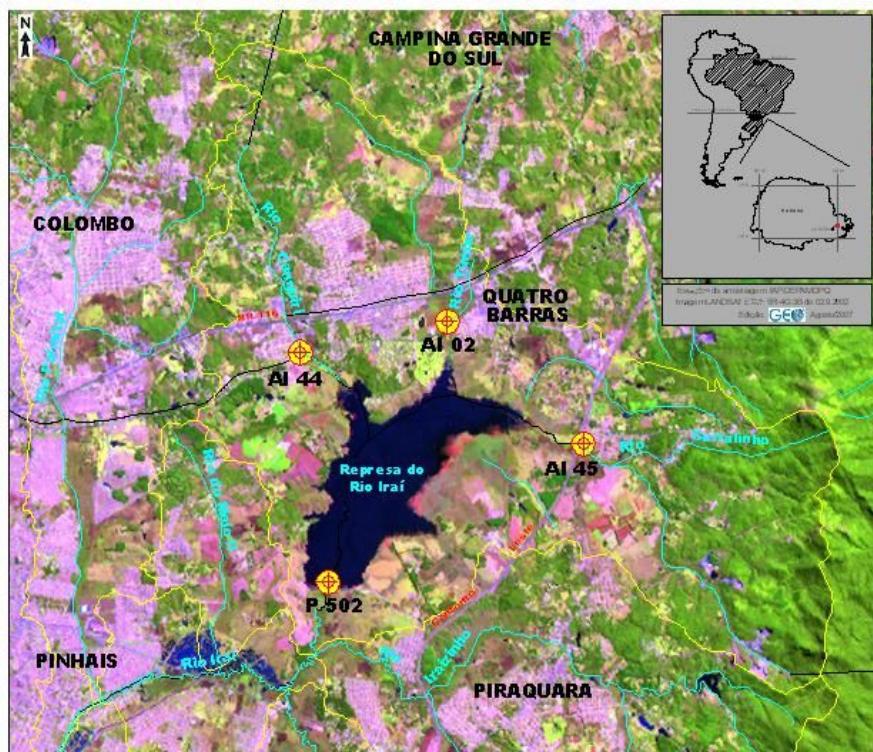
Desde o término de seu enchimento, no início de 2001, o Reservatório do Iraí vem sofrendo um processo contínuo de eutrofização que vem afetando inclusive a potabilidade de suas águas. O reservatório vem apresentando sucessivas e massivas florações de microalgas e cianobactérias, as quais têm comprometido seriamente a qualidade da água servida à população, em função de produzirem compostos organolépticos, toxinas e excessiva matéria orgânica (Andreoli , 2005).

Neste contexto a aplicação de índices como o AIQA (Avaliação Integrada de qualidade de Água) em rios (IAP, 2004a) e o IQAr (Índice de qualidade de Água de Reservatórios) (IAP 2004b) tornam-se instrumentos úteis para classificação da qualidade de rios e reservatórios.

## 2 Material e Métodos

### *Área de estudo*

O reservatório do Iraí (Figura 1) é um importante manancial para o abastecimento de água potável, contribuindo com 40% do abastecimento da Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Monitorado desde sua formação em 2001, o reservatório apresenta profundidade média de 3,95 m, tempo de residência de 14 meses e está inserido em uma bacia hidrográfica de 113Km<sup>2</sup>. No corpo do reservatório, a estação de amostragem localizou-se na região lacustre, nas proximidades da barragem (P-502). Foram também realizadas amostragens nos tributários do reservatório, nos rios Canguiri (AI 44), Timbu (AI02) e Curralinho (AI45).





# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

**Figura 1.** Localização do reservatório do Iraí e seus tributários na Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná.

## Metodologia

No reservatório, as coletas foram realizadas semestralmente em um ponto de amostragem (P502) com três profundidades, sendo também monitoradas as concentrações de cianotoxinas na água “in natura”. Para classificação da qualidade foi utilizado o Índice Qualidade de Água de Reservatórios – IQAR, cuja base científica foi obtida através de estudos realizados em dezenove reservatórios do Estado do Paraná entre 1987 e 1994, através do Contrato IAP/Itaipu Binacional, com início em 1982 e através do Convênio de Cooperação Técnica e Científica com o governo Alemão (GTZ) (IAP, 2004b). Os parâmetros monitorados no reservatório foram: oxigênio dissolvido (MG/L e % saturação), turbidez (NTU), temperatura da água (°C), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrogênio amoniacal (mg/L), nitratos (mg/L), nitritos (mg/L), nitrogênio Kjedahl (mg/L), fosfato total (mg/L) e resíduos suspensos a 103°C (MG/L) conforme metodologia descrita em APHA (2005).

Nos rios, Canguiri (AI 44), Timbu (AI02) e Curralinho (AI45) o monitoramento foi feito em uma estação de coleta, trimestralmente. A avaliação da qualidade da água dos rios foi feita através do Índice de Avaliação Integrada da Qualidade das Águas – AIQA, empregando alternativas metodológicas de Análise Multiobjetiva. A Programação de Compromisso baseia-se em uma noção geométrica de “melhor qualidade”. No método são identificadas as soluções que estão mais próximas da solução ideal mediante o uso de uma medida de proximidade. Considera-se esta medida como sendo a distância que as separa uma dada solução da ideal, ou seja, dos limites máximos estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 para as diferentes classes de enquadramento. Os parâmetros estudados foram: turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, pH, condutividade, DBO<sub>5</sub>, DQO, nitrogênio amoniacal, nitritos, nitratos, N-kjedahl, fosfato total, resíduos suspensos, *E.coli*, Coliformes totais e toxicidade para *Daphnia magna* (APHA, 2005).

A avaliação dos resultados abióticos foi realizada através de análise multivariada dos dados. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para determinar a variabilidade dos dados ambientais em relação às coletas. Foi utilizada matriz de covariância, sendo os dados transformados pela amplitude de variação “ranging” ( $[(x - x_{\min}) / X_{\max} - X_{\min}]$ ).

## 3 Resultados e Discussão

O reservatório do Irai apresenta durante o período de primavera/verão tendência de estratificação térmica (Figura 02a). Contudo, esta estratificação pode ser desfeita em função de ventos já que o reservatório possui uma pequena profundidade especialmente nas áreas fora do canal principal do Rio Irai

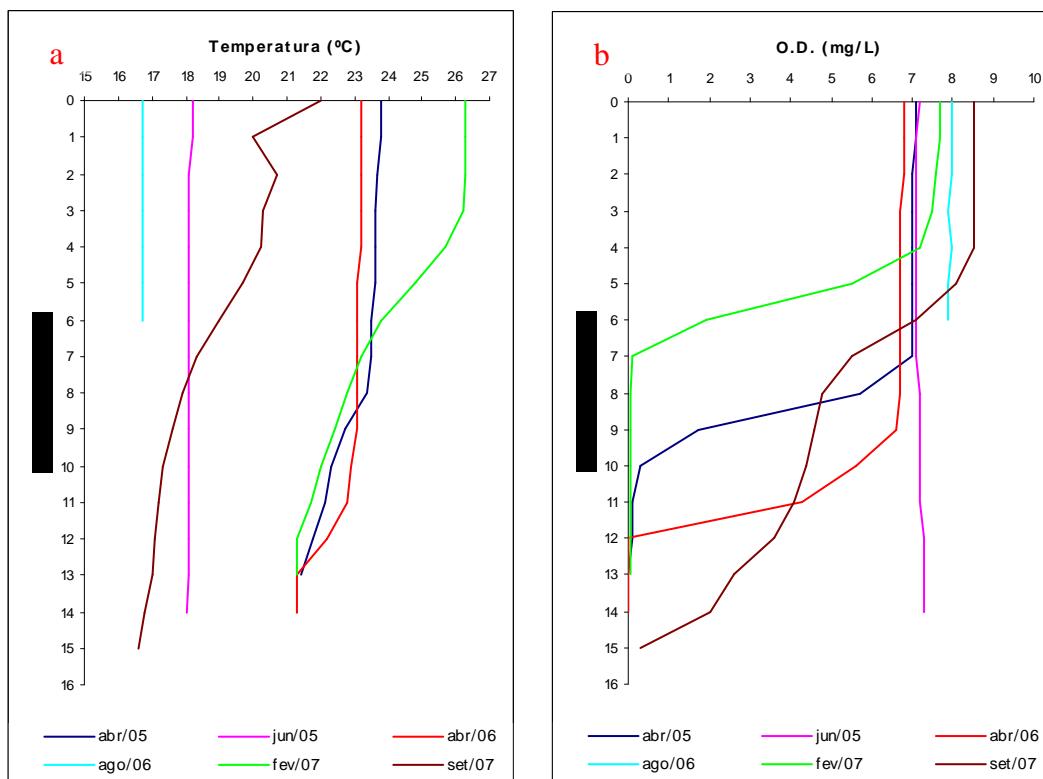
Independentemente da estratificação térmica, este reservatório apresenta um perfil clinogrado de oxigênio dissolvido, com valores elevados na superfície (chegando a supersaturação em determinados períodos) e depleção de oxigênio a partir de 4 metros de profundidade (Figura 02b). Este comportamento está diretamente relacionado à floração de cianobactérias existentes no reservatório desde sua formação. As concentrações de clorofila-a observadas permitem classificar o reservatório como eutrófico. Cargas alóctones difusas de nutrientes e matéria orgânica, associadas às características morfológicas e hidrológicas do



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

reservatório parecem ser responsáveis pela manutenção da alta taxa de produtividade primária do fitoplâncton.



**Figura 2.** Perfis Verticais de temperatura e oxigênio dissolvido (O.D.) no Reservatório do Irai, de abril de 2005 a setembro de 2007.

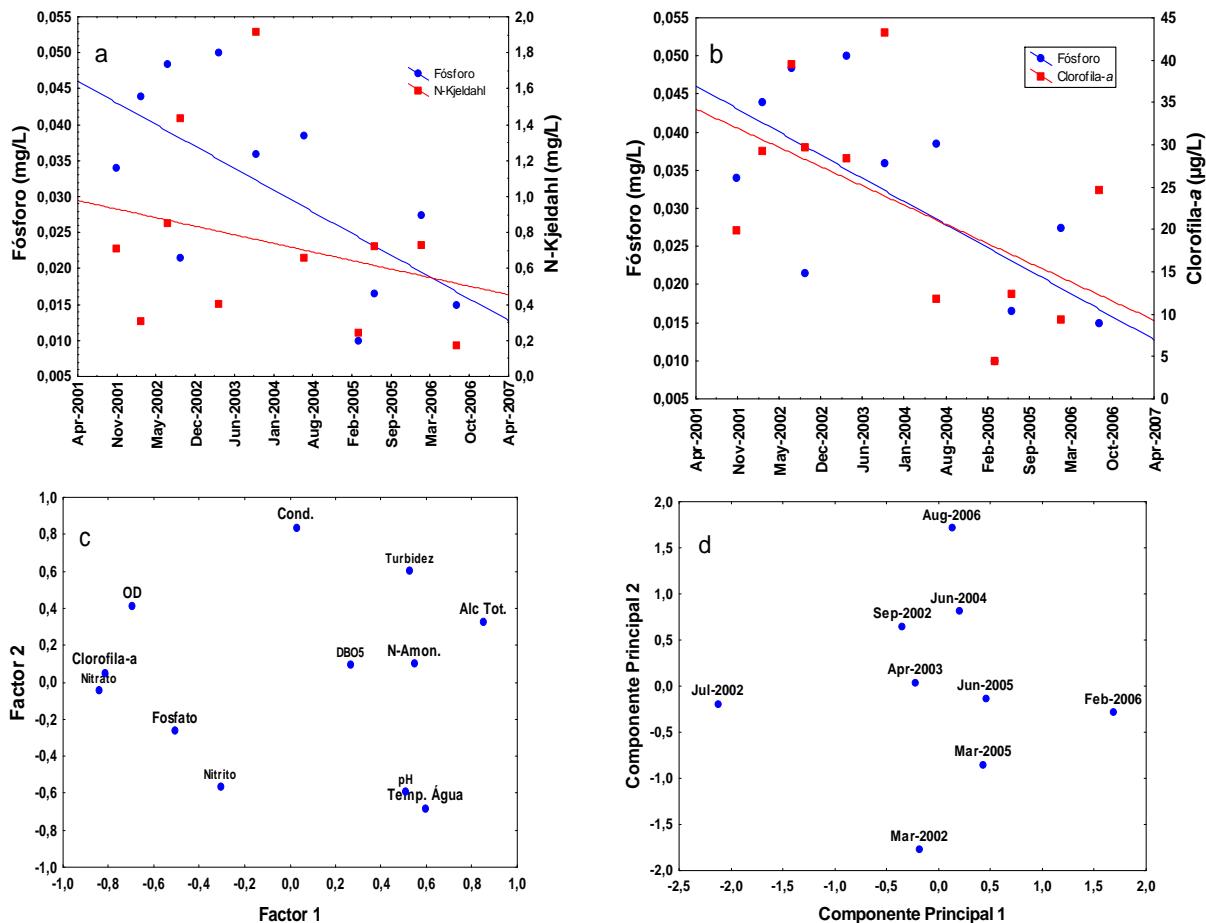
Os resultados físico-químicos obtidos evidenciam a tendência eutrófica-hipereutrófica do Reservatório do Irai, com valores de fósforo total variando de 34 a 50mg.L<sup>-1</sup> e valores de nitrogênio Kjeldahl de 79 a 2040mg.L<sup>-1</sup>, apresentando uma leve tendência à redução nos últimos anos (Fig. 3a), entretanto, a análise de Componentes Principais realizada sobre a matriz de dados abióticos do reservatório, por outro lado, não deixa clara esta melhora nos valores de trofia do reservatório (Fig. 3c e 3d).

O elevado grau de trofia do reservatório tem como reflexo, densidade fitoplânctônica máxima de 1.188.366 cél/ml em set-2004, elevados valores de clorofila-a e a floração permanente de cianobactérias. Esses eventos são acompanhados diretamente pelos valores de fósforo total obtidos no reservatório (Fig 3b). Ocorre conseqüente produção de compostos organolépticos e toxinas, chegando a 70,9 µg/L de microcistina, as quais vêm comprometendo seriamente a qualidade de água e aumentando os custos de seu tratamento.



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008



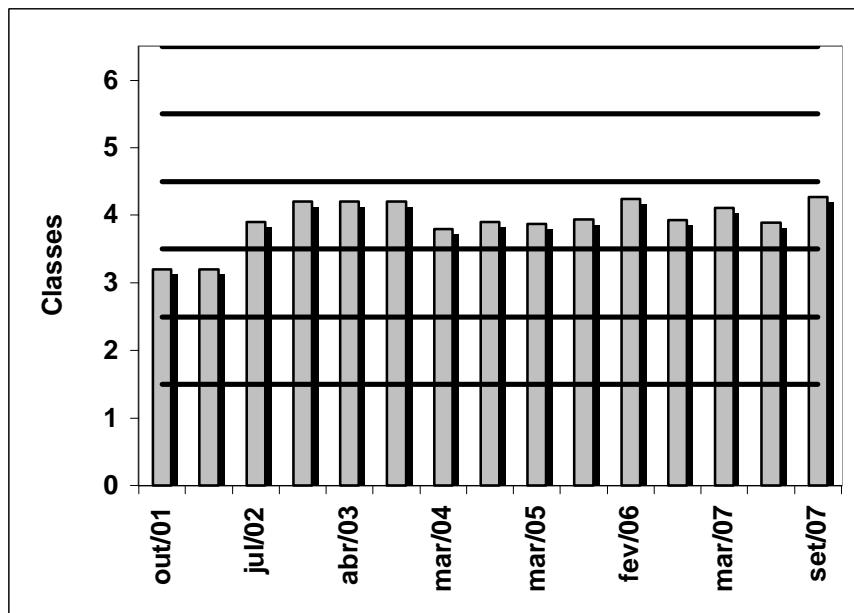
**Figura 3.** Valores de a) fósforo, b) nitrogênio Kjeldahl e resultados da Análise de Componentes Principais – c) autovalores (35,0% e 21,4 % explicação) e d) escores dos períodos amostrados no reservatório do Iraí.

O IQAr calculado para este reservatório está enquadrado sua água na classe IV (criticamente degradado a poluído), ou seja, corpos de água com entrada de matéria orgânica capaz de produzir uma depleção crítica nos teores de oxigênio dissolvido da coluna d'água, apore de consideráveis cargas de nutrientes, alta tendência a eutrofização, ocasionalmente com desenvolvimento maciço de populações de algas. Ocorrência de reciclagem de nutrientes, baixa transparência das águas associada principalmente a alta turbidez biogênica. A partir desta Classe é possível a ocorrência de mortandade de peixes em determinados períodos de acentuado déficit de oxigênio dissolvido (Figura 04).



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008



**Figura 4.** Valores do IQAr, variando da Classe III (moderadamente degradado) á Classe IV (criticamente degradado a poluído) para o reservatório do Irai.

O AIQA (Avaliação Integrada para a Qualidade da Água) dos tributários do reservatório do Iraí também enfatiza o comprometimento dos mesmos (Tab. 01). Verificamos que o Rio Timbú, o principal afluente do reservatório do Irai, é classificado como poluído, apresentando valores de fósforo entre 49 e 1046 mg.L<sup>-1</sup> e de nitrogênio Kjeldahl de 510 a 19380mg.L<sup>-1</sup> (Figura 5a), sendo o principal contribuinte de matéria orgânica e nutrientes do reservatório. Os rios Curralinho e Canguiri também se mostraram comprometidos. O rio Canguiri, apresentou valores de 56mg.L<sup>-1</sup> a 1135mg.L<sup>-1</sup> para fósforo e de 390mg.L<sup>-1</sup> a 13070mg.L<sup>-1</sup> para nitrogênio Kjeldahl. O Rio Curralinho, com valores de fósforo total de 32 a 139mg.L<sup>-1</sup> e o nitrogênio Kjeldahl de 50 a 1580mg.L<sup>-1</sup>, mostrou menos oscilação ao longo do período de estudo. De maneira geral, deve ser salientado que a carga orgânica destes tributários, é a principal fonte de nutrientes para o mesmo, o que é ressaltado pela elevada correlação entre os valores de nitrogênio e fósforo nos mesmos (Figura 5b).

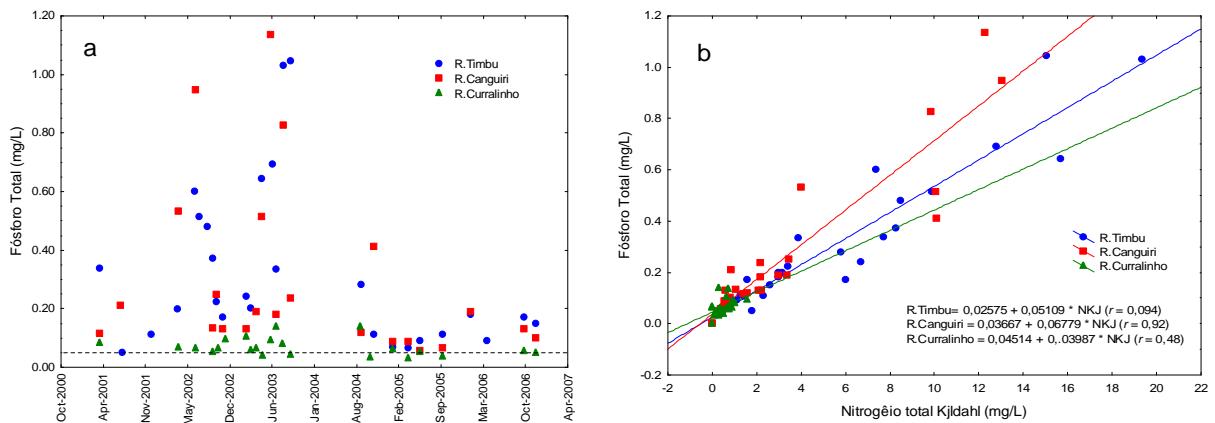
**Tabela1.** Valores da Avaliação Integrada para a Qualidade da Água obtida nos tributários do Reservatório do Irai de março de 1992 a 2007.

	Timbu	Canguiri	Curralinho
AIQA	0.99	0.83	0.77
Mar92 - Fev95	Poluído	Poluído	Med. poluído
AIQA	0.82	0.77	0.36
Mar95 - Fev97	Poluído	Med. poluído	Boa
AIQA	0.77	0.77	0.52
Mar97 - Fev99	Med. poluído	Poluído	Pouco poluído
AIQA	0.84	0.82	0.76
Mar99 - Fev01	Poluído	Poluído	Med. poluído
AIQA	0.95	0.95	0.8
Mar01 - Fev05	Poluído	Poluído	Med. poluído
AIQA	0.95	0.92	0.8
Mar05- Mar07	Poluído	Poluído	Poluído



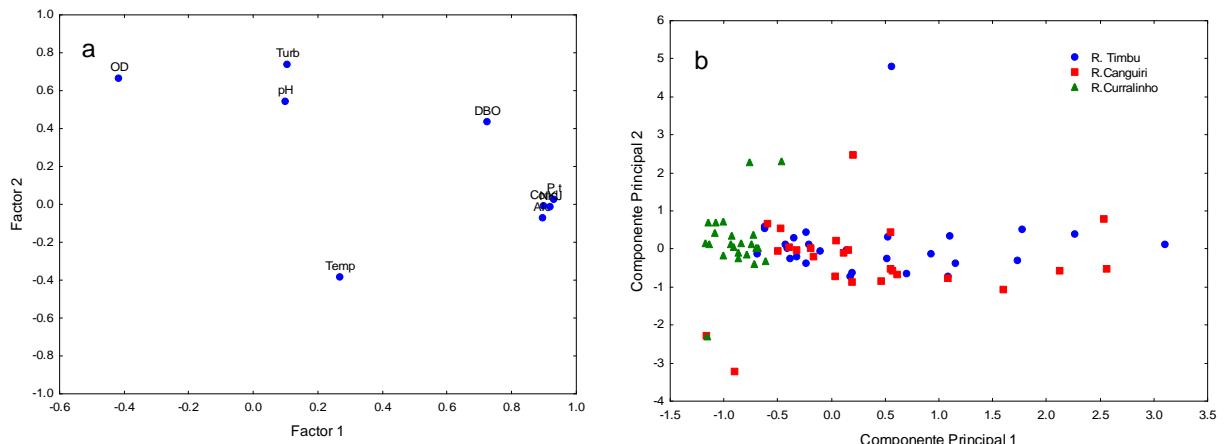
# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008



**Figura 5.** Valores de a) fósforo total, b) correlação entre o Fósforo Total e o Nitrogênio Total Kjeldahl nos tributários do reservatório do Iraí.

A ACP realizada com as concentrações de OD, turbidez, pH, DBO, temperatura, fósforo total e clorofila-a evidenciou que os rios Timbu e Canguiri apresentam maiores variações para as variáveis limnológicas avaliadas. O Rio Cerrado, apresenta maior estabilidade com condições semelhantes às observadas no reservatório (Fig. 6).



**Figura 6.** Resultados da Análise de Componentes Principais a) autovalores (45,8% e 18,0 % explicação) e b) escores dos tributários do Reservatório do Iraí.

## 4 Conclusão

O presente estudo enfatizou os sérios problemas de eutrofização nos corpos aquáticos na bacia hidrográfica onde o reservatório do Iraí está inserido. O Rio Timbu, um dos principais tributários do reservatório, foi classificado como poluído sendo o principal contribuinte das cargas orgânicas. Os rios Curralinho e Canguiri são classificados como medianamente poluídos.

Os resultados obtidos para o reservatório do Iraí indicam a tendência eutrófica-hipereutrófica do mesmo, que é evidenciado pela floração permanente de cianobactérias. As florações têm comprometido seriamente a qualidade de água e aumentado os custos de



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

tratamento, devido à produção de compostos organolépticos e toxinas, bem como pela geração de excessivas cargas de matéria orgânica autóctone.

O Reservatório do Irai encontra-se, portanto, fora dos padrões aceitáveis para reservatórios destinados ao abastecimento público. Isso implica em maiores custos para o tratamento e a possibilidade de suspensão na captação de água, caso persistam as florações maciças de cianobactérias.

Os resultados obtidos evidenciam ainda, a necessidade da adoção de medidas profiláticas e terapêuticas de saneamento na bacia, como forma de assegurar a continuidade do uso do Reservatório do Irai para o abastecimento da população da RMC.

## 5 Referências Bibliográficas

AGOSTINHO, A.A.; VAZZOLER, A.E.A.M. & THOMAZ, S.M. 1995. The high river Paraná: Limnological and ichthyological aspects. In: Tundisi, J.G. (ed.). *Limnology in Brazil*. São Paulo: ABC/SBL. p.59-103.

AMERICAN PUBLIC HEALTH. **Standard Methods for examination of water and waste water.** 16 a. ed., Washington, 2005.

Andreoli, C.V.; Carneiro, C..SANEPAR. **Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutroficados.**2005.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. Resolução No. 357. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 53, 17 de março de 2005.

FORNAROLLI-ANDRADE, L.; XAVIER, C.F. & BRUNKOW, R.F. 1997. A regional water quality assessment system for Paraná State reservoirs, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* v.26, p.694-697.

IAP a – Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento da qualidade de água dos rios da Bacia do Alto Iguaçu no período de 1992 a 2005.** Curitiba, 2004.

IAP b – Instituto Ambiental do Paraná. **Monitoramento da Qualidade das Águas dos Reservatórios do Estado do Paraná, no período de 1999 a 2004.** Curitiba, 2004.

Mehner, T. & Benndorf, J. 1995. Eutrophication - a summary of observed effects and possible solutions. *J. Water SRT - Aqua.*, v.44, p.35-44.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. & CALIJURI, M.C. 1993. Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. & DU8NCAN, A. (Eds.). *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p.25-55. (Developments in Hydrobiology 77).

TUNDISI, J.G. 1994. Tropical South America: Present and perspectives. In: MARGALEF, R. (Ed). *Limnology now: A paradigm of planetary problems*. Amsterdam: Elsevier. p.353-416.