

BIOCENOSSES EM RESERVATÓRIOS

PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS

Liliana Rodrigues
Sidinei Magela Thomaz
Angelo Antonio Agostinho
Luiz Carlos Gomes
(organizadores)

RiMa

2005

Copyright© 2005 dos autores

Direitos reservados desta edição:

RiMa Editora

Proibida a reprodução total ou parcial

Revisão, diagramação e fotolitos:

RiMa Artes e Textos

Relação dos Referees

Dr. Alex Prast (UFRJ)
Dra. Ana Luiza Burliga Miranda (Univali)
Dr. Antonio Carlos Beaumord (Univali)
Dr. Cristiano dos Santos Neto (UFSCar)
Dra. Gecely Rodrigues Alves Rocha (UESC)
Dr. Irineu Bianchini Junior (UFSCar)
Dr. Jansen Zuanon (INPA)
Dr. José Gonçalves Junior (UFMG)
Dr. José Luis Luque (UFRRJ)
Dr. Marcos Callisto (UFMG)
Dr. Marcos Nogueira (UNESP)
Dra. Maria do Carmo Calijuri (USP)
Dra. Maria José Tavares Ranzani de Paiva
(Instituto de Pesca)
Dr. Miguel Petrere Jr. (UNESP)
Dr. Ricardo Pinto Coelho (UFMG)
Dr. Ronaldo Angelini (UFG)
Dr. Rosseval Galdino Leite (INPA)
Dra. Sirlei Terezinha Bennemann (UEL)
Dra. Valéria de Oliveira Fernandes (UFES)
Dr. Willian Severi (UFPE)

B615b

Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais/organizado por Liliana Rodrigues, Sidinei Magela Thomaz, Angelo Antonio Agostinho e Luiz Carlos Gomes – São Carlos: RiMa, 2005.

333 p.

ISBN – 85-7656-067-6

1. Ecologia. 2. Limnologia. I. Título.

CDD: 574.9

RiMa

Editora

www.rimaeditora.com.br

DIRLENE RIBEIRO MARTINS

PAULO DE TARSO MARTINS

Rua Oscar de Souza Geribelo, 232 – Santa Paula

13564-031 – São Carlos, SP

Fone: (0xx16) 3372-5269

Fax: (0xx16) 3372-3264

Capítulo 1

Distribuição e Caracterização dos Reservatórios

Horácio Ferreira Júlio Júnior
Sidinei Magela Thomaz
Angelo Antonio Agostinho
João Dirço Latini

Introdução

As principais bacias hidrográficas do Brasil foram reguladas pela construção de reservatórios, os quais isoladamente ou em cascata constituem um importante impacto quali-quantitativo nos principais ecossistemas de águas interiores (Tundisi et al., 2002).

Concebidos para atender à crescente demanda energética registrada no País durante as últimas décadas, os reservatórios têm sido utilizados, ainda que de forma incipiente e não planejada, com a finalidade de controle de vazão, recreação (pesca esportiva, praias artificiais e esportes náuticos), navegação, abastecimento de água (urbano e rural), destinação de efluentes urbanos e pesca profissional.

Excetuando as ações de manejo hídrico para maior rendimento energético e, em alguma extensão, para o controle de cheias, as demais medidas de manejo são esporádicas e restringem-se às tentativas de controle da pesca (períodos de defeso, tamanhos mínimos de captura e restrições a aparelhos de pesca) e à estocagem de alevinos de espécies exóticas ou nativas.

Entre os desafios encontrados no manejo de reservatórios brasileiros destacam-se os problemas decorrentes da eutrofização e do rendimento pesqueiro. Uma perspectiva dos problemas relacionados à eutrofização pode ser obtida da análise dos elevados recursos requeridos no tratamento da água para o abastecimento público e no controle de macrófitas aquáticas em reservatórios urbanos e hidrelétricos. O rendimento pesqueiro, considerado extremamente baixo quando comparado ao de ambientes similares localizados em outras bacias tropicais, tem sido, por outro lado, objeto de ações equivocadas de estocagem (peixamentos), muitas vezes com espécies alóctones, envolvendo grandes somas de recursos e enormes esforços que não resultaram em melhorias na pesca (Agostinho & Gomes, 1997).

O entendimento dos processos que afetam a produtividade biológica nos diferentes níveis tróficos dos reservatórios, realizado em ambientes menores e com maior controle das variáveis e facilidades de obtenção de amostras reais, deve ser pré-requisito para a racionalização do manejo desses ambientes.

A bacia do rio Paraná (extensão = 3.810 km e área = 2,8.106 km²) comporta, em seu trecho brasileiro, a área com maior densidade demográfica do País e, nela, as atividades industriais, agrícolas e pecuárias são intensas. No Estado de São Paulo, onde os centros urbanos são maiores e mais numerosos, a demanda de água estimada é de 87 m³/s, sendo que 50% desse montante retorna aos rios, porém, apenas 8% é submetido a algum tipo de tratamento. A crescente demanda de água para abastecimento urbano, industrial, agrícola (irrigação em especial) e pecuária, se confrontada com a degradação de sua qualidade no retorno, com o uso massivo de agentes químicos, com as práticas agrícolas inadequadas de proteção do solo e com a eliminação da vegetação das margens dos rios e riachos, revela um quadro pouco promissor para o futuro dos rios dessa bacia. Além disso, o trecho brasileiro apresenta a maior incidência de represamentos da América do Sul, 80% dos quais formados após 1960. Dos 130 reservatórios cuja barragem tem altura superior a 10 m, 26 têm área maior que 100 km², participando com 93% dos cerca de 14.000 km² de área alagada por esses empreendimentos na bacia (Agostinho et al., 1995).

No Estado do Paraná, grandes reservatórios, como os de Itaipu (rio Paraná) e de Segredo (rio Iguaçu), se encontram em estado moderado de eutrofização (Andrade et al., 1988; COPEL/LAC, 1996; Thomaz & Esteves, 1997). Porém, um levantamento sobre a qualidade da água de 19 reservatórios que vêm sendo monitorados pelo Instituto Ambiental do Paraná revelou que, dentre eles, 12 se apresentavam “moderadamente degradados” e 5 foram considerados de “criticamente degradados” a “severamente poluídos” (Fornarolli-Andrade et al., 1997). Essa situação é preocupante, pois essa classificação considerou critérios estritamente relacionados à eutrofização, como as concentrações de oxigênio dissolvido, fósforo, nitrogênio inorgânico, carbono orgânico dissolvido e clorofila-a e a estrutura da assembléia fitoplanctônica. Portanto, de maneira semelhante ao registrado no Estado de São Paulo, pode-se afirmar que a maioria dos reservatórios do Estado do Paraná, especialmente aqueles localizados próximos a centros urbanos, encontra-se em processo de degradação.

As conseqüências da eutrofização podem ser drásticas para o ambiente, impedindo a utilização múltipla dos ecossistemas aquáticos. Ela afeta diretamente o componente biótico dos recursos hídricos, aumentando de modo acentuado a biomassa de algas e macrófitas aquáticas, e o componente socioeconômico, por gerar compostos nocivos na água potável (Mehner & Benndorf, 1995). Segundo esses autores, como resultados indiretos desse processo podem ser ainda citadas:

alterações na estrutura de todas as comunidades aquáticas, redução das concentrações de oxigênio dissolvido, formação de gás sulfídrico e mortandades massivas de peixes.

O padrão de evolução temporal ou ontogenia dos reservatórios da bacia do rio Paraná está intimamente relacionado à eutrofização decorrente de aportes de efluentes não tratados de origem doméstica ou industrial, bem como agrícola (Tundisi, 1994; Agostinho et al., 1995). Em experimentos realizados em alguns reservatórios do Estado de São Paulo, por exemplo, ficou evidenciado o importante papel do fósforo como fator estimulador do desenvolvimento do fitoplâncton (Henry & Simão, 1988; Henry, 1990). Em decorrência dos elevados aportes de fósforo, vários reservatórios de importância capital para a geração de energia e abastecimento experimentam um processo gradual de eutrofização ou já se encontram altamente eutrofizados (Bozelli et al., 1992; Tundisi et al., 1988; Bini, 1995; Cavalcanti et al., 1997; Rocha et al., 1997).

Há indicadores biológicos para estados de ambientes tanto naturais como artificiais. O uso de organismos sésseis como indicadores biológicos apresenta várias vantagens, dentre as quais o fato de representarem não somente os efeitos imediatos de fatores ambientais, mas a interação dos efeitos prévios. Nesse contexto, a comunidade bentônica vem sendo utilizada de forma crescente como indicadora da qualidade da água. Cabe ressaltar que, atualmente, não somente os invertebrados são utilizados, mas também outros organismos sésseis, como as microalgas e macrófitas aquáticas (Rocha et al., 1998; Bini et al., 1999; Sand-Jensen et al., 2000). Muito embora as macrófitas apresentem longo ciclo de vida (da ordem de semanas ou meses), a comunidade de algas aderidas responde em uma escala temporal mais curta, com ciclo de vida entre três e dez dias, sendo que essa sucessão responde necessariamente às alterações ambientais. Assim, respostas em diferentes escalas temporais podem ser obtidas dependendo da espécie de indicador considerada.

O fitoplâncton e o zooplâncton são importantes componentes das cadeias tróficas, representando a base e o primeiro elo, respectivamente, em vários ecossistemas aquáticos. Dessa maneira, alterações em seus padrões de abundância e diversidade irão refletir em modificações em toda a extensão das cadeias tróficas de ambientes aquáticos continentais. Vários estudos têm sugerido a importância de ambas as comunidades como indicadoras do grau de trofia em ecossistemas de água doce (Arcifa, 1984; Sendacz et al., 1985; Esteves & Sendacz, 1988; Tundisi et al., 1988; Mattos et al., 1997; Alves et al., 2000).

Tendo em vista as respostas de espécies individuais ou mesmo da estrutura de diferentes assembléias à variação de fatores ambientais, torna-se fundamental a identificação de indicadores biológicos potenciais da eutrofização. São também igualmente importantes pesquisas visando a avaliar a capacidade dos reservatórios

de tamponar esse processo sem ter seus usos múltiplos comprometidos. Cabe observar que, muito embora as concentrações de nutrientes ainda se constituam a base dos critérios utilizados, a complementação dessa perspectiva por meio do uso de indicadores biológicos representa um avanço considerável na identificação dos ambientes afetados e dos efeitos decorrentes da eutrofização.

Embora os dados de desembarques pequenos sejam recentes e restritos a alguns reservatórios, as avaliações existentes demonstram que, na bacia do rio Paraná, esses ambientes são pouco produtivos. Coletas sistemáticas de dados de pesca foram iniciadas a partir de 1986, sob o patrocínio de empresas do setor elétrico. A pesca artesanal, amadora e de subsistência é praticada na maioria dos reservatórios e nos segmentos ainda livres do rio Paraná. Dessas modalidades, apenas a primeira é monitorada. As informações disponíveis, embora ainda insuficientes para uma análise conclusiva, permitem evidenciar como aspectos mais relevantes: (i) rentabilidade extremamente baixa da pesca (2,5 a 12,0 kg/ha/ano), quando comparada a reservatórios do Nordeste (151,8; Paiva et al., 1994) ou da África (99,5; Marshall, 1984); (ii) alto número de espécies nos desembarques (entre 30 e 50); (iii) elevada participação de espécies nativas nas capturas, a despeito dos intensivos programas de peixamento realizados, principalmente com as espécies exóticas, nos últimos 20 anos (CESP, 1998; Agostinho et al., 1994; Agostinho & Júlio Júnior, 1996); e (iv) maiores rendimentos registrados nos reservatórios que apresentam grandes trechos livres a montante, com grande aporte de nutrientes oriundos de rios que correm por áreas agrícolas (reservatório de Itaipu) ou com efluentes urbanos e industriais (Barra Bonita).

Essas características levam a supor que o baixo rendimento (item i) possa estar relacionado a aspectos da teia alimentar (item ii) e à oligotrofização promovida pela retenção de nutrientes nas sucessivas barragens distribuídas na bacia (item iv), aliados aos programas equivocados de introdução de predadores alóctones (item iii).

Esta obra busca avaliar o estado de 31 reservatórios pertencentes a diferentes bacias e sub-bacias, com inferências sobre os processos de eutrofização e produtividade secundária. Neste capítulo é apresentada uma descrição sucinta desses reservatórios.

Reservatórios Estudados

Os reservatórios estudados estão localizados em seis bacias hidrográficas diferentes, abrangendo todo o Paraná, da Serra do Mar ao norte, na divisa com o Estado de São Paulo. Apresentam usos distintos, como abastecimento público, lazer e produção de energia, que é a finalidade da maioria deles.

Esses reservatórios são explorados por diferentes empresas, tanto estatais como particulares: Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL), Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), Duke Energy, Klabin S.A., Tractebel Energy, Piquiri Papéis e Santa Maria, configurando assim uma parceria com o setor produtivo. A escolha dos reservatórios buscou contemplar ambientes com diferentes áreas de alagamento, morfometria e tempo de residência e situados em bacias hidrográficas localizadas em diferentes regiões.

Os reservatórios foram agrupados de acordo com a bacia hidrográfica à qual pertencem, e suas localizações constam na Figura 1, com numeração correspondente à utilizada na descrição.

Bacia do rio Paranapanema

O rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, no município de Capão Bonito (SP), na Área de Proteção Ambiental da Serra do Mar. Seus principais afluentes da margem direita, localizados no Estado de São Paulo, são os rios Turvo, Claro, Novo, Capivara e Pirapozinho e os da margem esquerda, Verde, das Cinzas, Tibagi (o maior) e Pirapó. A parte média e inferior do rio é tomada por uma sucessão de reservatórios utilizados para a geração de energia sob a concessão da Duke Energy. As informações básicas sobre os reservatórios (área inundada, época de fechamento, etc.) foram obtidas no site www.dukeenergy.com.br (Duke Energy, 2005)

Foram selecionados sete reservatórios localizados na divisa entre os Estados de São Paulo e Paraná. No sentido de jusante para montante: Rosana, Taquaruçu, Capivara, Canoas I, Canoas II, Salto Grande e Chavantes.

1. *Reservatório de Rosana* – Reservatório fechado em novembro de 1986, resultando em uma área inundada de 220 km², cuja barragem se localiza entre os municípios de Diamante do Norte (PR) e Primavera (SP) e a 20 km de sua foz, no rio Paraná. É um reservatório do tipo fio d'água, com tempo de residência de 18,6 dias e pequena profundidade (CESP, 1998). Há duas unidades de conservação em suas margens: o Parque Estadual do Morro do Diabo à direita e a Estação Ecológica do Caiuá à esquerda. Apesar disso, a maior parte de seu entorno está ocupada por pastagens. Apresenta conformação alongada, com pequenos braços em seus afluentes e bancos flutuantes de macrófitas enraizadas do gênero *Eichhornia* e de macrófitas submersas de *Egeria najas*.

2. *Reservatório de Taquaruçu* – Formado em 1989, a barragem está localizada entre os municípios de Sandovalina (SP) e Itaguajé (PR). É um reservatório alongado e sem braços laterais, com 80 km de extensão e área inundada de 80,1 km². Seu entorno é ocupado por grandes áreas de pastagens e plantações de cana-de-açúcar, sendo as áreas mais rasas próximas às margens ocupadas por extensos bancos de *Egeria najas* e de macrófitas flutuantes dos gêneros *Salvinia* e *Eichhornia*.
3. *Reservatório de Capivara* – A barragem de Capivara, localizada entre os municípios de Taciba (SP) e Porecatu (PR), foi fechada em dezembro de 1975, formando o maior reservatório do rio Paranapanema, com área inundada de 419,3 km² e tempo de residência da água de 119 dias. Apresenta aspecto dendrítico, com extensos braços laterais formados na foz de seus inúmeros riachos e rios tributários (Capivara, Tibagi, Vermelho e Barra Grande). As margens são ocupadas por plantações de cana, soja, pastagens e pequenas áreas de vegetação. Os braços laterais são ocupados por macrófitas aquáticas, principalmente *Eichhornia azurea*.
4. *Reservatório de Canoas I* – O reservatório de Canoas I, com a barragem localizada entre os municípios de Cândido Mota (SP) e Itambaracá (PR), conta com uma área inundada de 30,85 km² e é o mais recente do rio Paranapanema, com o fechamento em 1999.
5. *Reservatório de Canoas II* – A barragem do reservatório está localizada entre os municípios de Palmital (SP) e Andirá (PR) e sua construção foi iniciada em 1992, com área inundada de 22,5 km². Grande parte de seu entorno é ocupada por pastagens e ocorrem bancos de *Eichhornia crassipes* e *E. azurea* nas regiões marginais.
6. *Reservatório de Salto Grande* – Sua barragem está localizada entre os municípios de Salto Grande (SP) e Cambará (PR). É o mais antigo e menor reservatório do rio Paranapanema, tendo sido fechado em 1958, com área inundada de apenas 12 km². Nos braços laterais ocorre a formação de bancos de macrófitas (*Eichhornia*, *Pistia* e *Salvinia*).
7. *Reservatório de Chavantes* – Localizado entre os municípios de Chavantes (SP) e Ribeirão Claro (PR), foi concluído em 1970 e inundou uma área de 400 km², sendo o principal responsável pela regularização da vazão média do rio Paranapanema. A região apresenta relevo mais acidentado, com encostas elevadas e alternância de áreas com vegetação preservada e áreas de pastagens.

Bacia do rio Tibagi

O rio Tibagi tem suas nascentes na região dos Campos Gerais, na altitude de 1.150 m, e percorre 531 km do Estado do Paraná no sentido sul-norte, até atingir o rio Paranapanema, sendo seu principal afluente. Sua bacia de drenagem conta com 65 tributários principais e ocupa uma área de 24.712 km² (De França, 2002). Apresenta poucos reservatórios, situados principalmente em seus afluentes. Foram selecionados pequenos reservatórios localizados na região central do Estado (Harmonia e Alagados) e na região norte (Apucarantina).

8. *Reservatório de Apucarantina (Fiu)* – O reservatório formado em 1958 pelo barramento do rio Apucarantina, afluente da margem esquerda do rio Tibagi, está localizado no município de Tamarana. O reservatório de Fiu, situado 6 km a montante, tem volume útil de 5 milhões de litros e serve como regulador do Apucarantina, que retém um volume útil de 500 mil litros. A área de entorno dos dois reservatórios é de domínio de terceiros e da FUNAI, em decorrência da existência da reserva indígena de Apucarantina. Grande parte das margens são ocupadas por pastagens e há aporte de sedimentos nos dois reservatórios, provenientes dos tributários a montante.
9. *Reservatório de Harmonia* – Localizado no município de Telêmaco Borba, no rio Harmonia, afluente da margem direita do rio Tibagi, pertence à Klabin S.A. As encostas apresentam declive acentuado, em sua maior extensão coberta por mata nativa bem preservada, embora um dos riachos tributários esteja sofrendo processo de assoreamento. O reservatório tem conformação sinuosa, com águas claras e ausência de macrófitas.
10. *Reservatório de Alagados* – Reservatório muito antigo, formado em 1909 e ampliado em 1945 pelo barramento do rio Pitanguí. Sua área alagada é de 7,2 km² e localiza-se no limite dos municípios de Ponta Grossa, Carambeí e Castro. O reservatório é utilizado tanto para a produção de energia pela Usina de São Jorge (COPEL) como para o abastecimento de água do município de Ponta Grossa (SANEPAR). Apresenta encostas com relevo acentuado na margem direita, coberta por gramíneas e vegetação nativa esparsa próprias da região dos Campos Gerais, com áreas de reflorestamento de *Pinus* e eucaliptos. Nas áreas mais rasas dos braços do reservatório aconteceram macrófitas enraizadas do gênero *Nymphaea*. Na margem esquerda ocorreram ocupações indevidas com a instalação de casas de veraneio, garagens para embarcações, sede de associações, áreas para camping e loteamentos (COPEL, 1999).

Bacia litorânea

A bacia litorânea é formada por rios que nascem no planalto ou na vertente oriental da Serra do Mar e drenam diretamente para o Oceano Atlântico. São rios com grande declividade, inúmeras corredeiras, saltos e maior velocidade de correnteza. No Paraná, os principais rios dessa bacia são o Capivari (um afluente da bacia do rio Ribeira), o Nhundiaquara, o São João, o Caraguauçu e o Cubatão (Maack, 1981). Em decorrência de sua declividade foram construídos vários reservatórios destinados à produção de energia elétrica, dos quais foram estudados os de Capivari, Guaricana, Vossoroça e Salto do Meio.

11. *Reservatório de Capivari* – O reservatório de Capivari foi formado pelo barramento do rio Capivari, localizado no primeiro planalto 830 metros acima do nível do mar, e teve suas águas levadas através de um sistema de túneis para a Usina Hidrelétrica Governador Parigot de Souza, situada na planície litorânea. As águas que passam pelas turbinas são, em seguida, desviadas para o rio Cachoeira, obtendo um desnível de aproximadamente 740 m (COPEL, 2000). Suas obras foram iniciadas na década de 1960, com a construção do sistema de túneis, e entrou em funcionamento em outubro de 1970. O reservatório está localizado nos municípios de Campina Grande do Sul e Bocaiúva do Sul, na região de transição entre a Mata Atlântica e a Floresta com Araucárias, e tem área inundada de 12 km². Embora seja considerado um reservatório da bacia litorânea, o rio Capivari é um afluente do rio Ribeira de Iguape, que teve suas águas barradas e desviadas para a planície litorânea paranaense pelo leito do rio Cachoeira, motivo pelo qual é denominado de Capivari-Cachoeira.
12. *Reservatório de Guaricana* – Formado pelo barramento do rio Arraial em 1957, este reservatório está localizado no município de São José dos Pinhais. Tem área inundada de 7 km² e suas águas são conduzidas por um túnel de 3 km até a usina, localizada no município de Guaratuba. O reservatório é sinuoso e com inúmeras entradas em decorrência do relevo acidentado da Serra do Mar. Seu entorno é ocupado por exuberante porção da Mata Atlântica.
13. *Reservatório de Vossoroça* – Formado em 1949 pelo represamento do rio São João, conta com área inundada de 5,1 km² e profundidade máxima de aproximadamente 15 m. Está localizado no município de Tijucas do Sul e suas encostas são íngremes e cobertas de vegetação, apresentando macrófitas aquáticas apenas nas cabeceiras do reservatório, onde ocorrem áreas de banhados. Sua barragem está localizada a 12 km a montante do reservatório de Salto do Meio. Os dois reservatórios interligados fazem parte do complexo que abastece a Usina de Chaminé.

14. *Reservatório do Salto do Meio* – Pequeno reservatório, com apenas 0,1 km², formado por uma barragem de concreto de 92 m de comprimento e 13 m de altura, com vazão regularizada pelo reservatório de Vossoroca. Suas margens são constituídas por matas nativas (Floresta Atlântica) bem preservadas, não apresentando desenvolvimento de macrófitas aquáticas.

Bacia do rio Iguaçu

A bacia do rio Iguaçu apresenta diversos empreendimentos hidrelétricos, principalmente em sua porção inferior, em decorrência do relevo da região. Desde suas nascentes na região metropolitana de Curitiba até União da Vitória, o rio apresenta aspecto senil, com pouca declividade, meandros e áreas de planície de inundação. A seguir, o rio Iguaçu sofre um processo de rejuvenescimento, com grande declividade, águas torrenciais e inúmeros saltos (Maack, 1981), aproveitados para a formação de cinco grandes usinas hidrelétricas (Foz do Areia, Segredo, Salto Osório, Salto Santiago e Salto Caxias) que fazem parte deste estudo. Também foram analisados reservatórios de pequeno porte, associados a pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), que normalmente utilizam o desnível de quedas d'água para a geração de energia (Jordão, Salto do Vau, Curucaca, Cavernoso, Foz do Chopim – JMF). Foram também incluídos os reservatórios de Iraí, Piraquara e Passaúna, utilizados para o abastecimento de água da região metropolitana de Curitiba e pertencentes à Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR).

15. *Reservatório do Iraí* – Formado em 2000, este reservatório, caracterizado como eutrófico, tem área inundada de 15 km², profundidade média de 5 m e tempo de residência de 6 a 8 meses e está localizado no município de Pinhais. Sob responsabilidade da SANEPAR, ele é responsável por grande parte do abastecimento de água potável da região metropolitana de Curitiba e recebe a contribuição de 4 pequenos rios (Cercado, Curralinho, Timbu e Canguiri).
16. *Reservatório de Piraquara* – O reservatório está localizado no município de Piraquara e foi formado em 1979, com área inundada de 3,3 km², sendo utilizado no abastecimento de água da região metropolitana de Curitiba pela SANEPAR. Tem profundidade média de 7 m, tempo de residência d'água de 1,2 ano e perímetro de 40 km. Seu entorno é ocupado por vegetação nativa e matas secundárias.
17. *Reservatório de Passaúna* – Formado pelo barramento do rio Passaúna, afluente da margem direita do rio Iguaçu. Está localizado próximo à região industrial e aos limites de Curitiba e da cidade de Campo Largo. Sua área inundada é de 14 km², com vegetação ciliar escassa e algumas áreas com vegetação em recuperação. Podem ser observados bancos de

macrófitas flutuantes compostos principalmente por *Salvinia* sp. e *Eichhornia crassipes*.

18. *Reservatório de Salto do Vau* – Pequena usina hidrelétrica construída em 1959 no rio Palmital, afluente da margem esquerda do rio Iguaçu. O reservatório está localizado no município de União da Vitória e é estreito e alongado, com as margens cobertas por vegetação nativa e bem preservada. Macrófitas aquáticas estão ausentes.
19. *Reservatório de Salto Curucaca* – Localizado no rio Jordão, no município de Guarapuava, o reservatório tem aproximadamente 1 km na área próxima à barragem e 3 km de comprimento. A margem direita apresenta declive suave, formando uma área de banhados coberta por gramíneas e com ausência de mata ciliar, que ocorre apenas na margem esquerda, na porção fluvial do reservatório, que é rasa e com desenvolvimento de macrófitas aquáticas dos gêneros *Myriophyllum* e *Eichhornia*.
20. *Reservatório de Jordão* – O rio Jordão é um dos principais afluentes da margem esquerda do Iguaçu e, em decorrência de sua declividade, é atualmente ocupado por 5 reservatórios, dos quais o mais próximo a sua foz é o de Jordão ou derivação do rio Jordão, com área inundada de 3,4 km². Parte de suas águas é utilizada na produção de energia e parte é desviada por um túnel de 4.775 m para o reservatório de Segredo, para otimização da hidrelétrica. O reservatório está situado em um vale bem encaixado, com margens íngremes formadas por sucessivos derrames de basalto e áreas de vegetação preservada.
21. *Reservatório de Cavernoso* – O rio Cavernoso é um dos afluentes da margem esquerda do rio Iguaçu e a usina foi construída no final da década de 1950, para aproveitamento do desnível de 15,40 m do Salto Cavernoso, localizado no município de Virmond, Paraná (COPEL, 1999). A área próxima da barragem é ocupada por pastagens e agricultura de subsistência.
22. *Reservatório de Foz do Areia* – O primeiro dos grandes reservatórios do rio Iguaçu, ele foi formado em 1980 por uma barragem de 160 m de altura e 820 m de comprimento, inundando uma área de 139 km² na divisa dos municípios de Pinhão e Bituruna. O reservatório tem suas margens protegidas por vegetação natural e regiões com matas secundárias, principalmente em razão do relevo da região, que impede a prática da agricultura.
23. *Reservatório de Salto Segredo* – O reservatório localizado a jusante do reservatório de Foz do Areia e a montante do reservatório de Salto Santiago, nos municípios Reserva do Iguaçu e Mangueirinha, foi formado em 1992,

com uma área inundada de 82,5 km². É um reservatório pouco dendrítico, com profundidade média de 36,6 m (em alguns locais pode atingir até 100 m) e tempo de residência da água de 47 dias. Recebe inúmeros tributários, tanto em sua margem direita (Floresta, São Pedro, Verde e Touros) como na esquerda (Patos, Iratim, Butiá e Covó).

24. *Reservatório de Salto Santiago* – O fechamento da barragem de Salto Santiago ocorreu em 1979, inundando uma área de 208 km², na divisa dos municípios de Rio Bonito do Iguaçu e Saudade do Iguaçu. Atualmente, a usina hidrelétrica é operada sob concessão pela Tractebel Energy.
25. *Reservatório de Salto Osório* – A barragem está situada entre os municípios de Quedas do Iguaçu e São Jorge d'Oeste e seu fechamento em 1975 inundou uma área de 51 km². Assim como no reservatório de Salto Santiago, a usina hidrelétrica é operada sob concessão pela Tractebel Energy. A área próxima à barragem tem relevo acentuado com margens protegidas por matas nativas e secundárias.
26. *Reservatório de Salto Caxias* – O último dos grandes reservatórios do rio Iguaçu, foi fechado em 1998, inundando uma área 124 km² na divisa dos municípios de Capitão Leônidas Marques e Nova Prata do Iguaçu. O relevo da área de entorno do reservatório é menos acentuado do que o da região de Segredo, com ocupação agrícola mais intensa, sendo dominada por pastagens com pequenas áreas de matas secundárias.
27. *Reservatório Júlio de Mesquita Filho (Foz do Chopim)* – Localizado próximo à foz do rio Chopim, no reservatório de Salto Caxias, este reservatório é formado por uma barragem de 250 m de comprimento e altura de 7 m, com apenas 0,45 km² de área inundada. A barragem serve apenas como desvio de parte das águas para a usina hidrelétrica, situada a jusante, aproveitando um desnível de 62 m. Seu entorno é ocupado por pastagens e pequenas lavouras de subsistência com pequenas áreas de mata secundária.

Bacia do rio Piquiri

O rio Piquiri nasce na Serra São João, que funciona como um divisor de águas entre suas nascentes e as dos rios Ivaí e Jordão, a 1.240 m de altitude. Sua bacia hidrográfica abrange uma área de 23.431 km² com mais de 80 afluentes na margem direita e 65 na esquerda (Maack, 1981). Não há reservatórios no rio principal, estando todos localizados em seus afluentes, normalmente aproveitando o desnível de quedas d'água.

28. *Reservatório de Santa Maria* – Pequeno reservatório com aproximadamente 100 m de largura, 700 m de extensão e profundidade máxima de 4,2 m

localizado no município de Santa Maria do Oeste, na região central do Estado. Uma barragem desvia parte de suas águas para uma usina hidrelétrica, aproveitando o desnível de 17 m de um salto. No entorno do reservatório há plantações de pinheiros (*Pinus*) e eucaliptos, utilizados na produção de papel pela proprietária da área, a Companhia Piquiri de Papéis e Celulose. Sua margem direita apresenta vegetação nativa nos primeiros 50 m e um assoreamento pronunciado, colonizado por gramíneas e arbustos que reduziram a área útil do reservatório. Ocorrem quantidades moderadas de macrófitas aquáticas (*Salvinia* sp. e *Eichornia crassipes*).

29. *Reservatório de Melissa* – O reservatório da UHE Melissa foi formado em 1962 para o aproveitamento do desnível do Salto Santa Terezinha, no rio Melissa, afluente da margem esquerda do rio Piquiri. Está localizado no Terceiro Planalto, no município de Corbélia, PR, com área inundada de apenas 0,1 km². Sua área útil vem diminuindo gradativamente por assoreamento provocado pelo carreamento de terras provenientes de áreas agrícolas a montante. Foi relatada pela COPEL (1999) a ocorrência de processos de eutrofização causados pelo aporte de nutrientes utilizados pela agricultura.

Bacia do rio Ivaí

O rio Ivaí, com percurso de 685 km, é formado pela junção dos rios dos Patos e São João. Há poucos aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Ivaí e nenhum no rio principal. Foram eleitos 2 reservatórios de pequeno porte localizados em seus afluentes, sendo um deles encontrado no rio dos Patos (Reservatório Rio dos Patos), um dos formadores do rio principal, e o outro no rio Mourão (Reservatório de Mourão).

30. *Reservatório de Rio dos Patos* – O reservatório é constituído pelo aproveitamento de uma queda de 22 metros do Salto Rickli, localizado no município de Prudentópolis, PR. Uma barragem de 105 metros de comprimento desvia parte das águas para a usina, formando um pequeno reservatório de apenas 1,3 km². Seu entorno é ocupado por matas secundárias da Floresta de Araucária e campos nativos, com atividade agrícola nas regiões a montante.
31. *Reservatório de Mourão* – O reservatório foi formado em 1964 pelo barramento do rio Mourão, afluente da margem esquerda do rio Ivaí. Está localizado no terceiro Planalto, na região limite entre o noroeste e o sudoeste do Estado do Paraná, no município de Campo Mourão. Ocupa uma área de 11,3 km² e seu entorno é utilizado para atividades

agrícolas, principalmente para lavouras de soja. Na margem direita há remanescentes de matas nativas e secundárias, embora a margem oposta tenha sido invadida por casas de veraneio.

Referências Bibliográficas

- AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. Manejo e monitoramento de recursos pesqueiros: perspectivas para o reservatório de Segredo. In: AGOSTINHO, A. A.; GOMES, L. C. (Eds.). *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Maringá: EDUEM, 1997. cap. 17, p. 319-364.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JÚNIOR, H. F. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 124, p. 36-44, set./out. 1996.
- AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JÚNIOR, H. F.; PETRERE Jr., M. Itaipu reservoir (Brazil): impacts of the impoundment on the fish fauna and fisheries. In: COWX, I. G. (Ed.). *Rehabilitation of freshwater fisheries*. Oxford: Fishing News Books, 1994. ch. 16, p. 171-184.
- AGOSTINHO, A. A.; VAZZOLER, A. E. A. de M.; THOMAZ, S. M. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. In: TUNDISI, J. G.; BICUDO, C. E. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (Eds.). *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 1995. p. 59-104.
- ALVES, J. P. et al. Avaliação ecotoxicológica utilizando *Skeletonema costatum* (Greville) cleve (Bacillariophyceae) em efluentes da Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) antes e depois de melhorias no sistema de tratamento de amônia. In: ESPÍNDOLA, E. L. G. et al. (Eds.). *Ecotoxicologia: perspectivas para o século XXI*. São Carlos: RiMA, 2000. p. 343-353.
- ANDRADE, L. F. et al. Fitoplâncton e características físico-químicas do reservatório de Itaipu, Paraná, BR. In: TUNDISI, J. G. (Ed.). *Limnologia e manejo de represas*. São Carlos: EESC-USP/CHREA/ACIESP, 1988. v. 1, t.1, p. 205-268. (Série: Monografias em Limnologia.)
- ARCIFA, M. S. Zooplankton composition of ten reservoirs in Southern Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 113, p. 137-145, 1984.
- BINI, L. M. *Métodos estatísticos multidimensionais e geoestatísticos aplicados ao estudo comparativo de reservatórios do Estado [de] São Paulo*. São Carlos, 1995. 200 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- BINI, L. M. et al. Aquatic macrophyte distribution in relation to water and sediment conditions in the Itaipu reservoir, Brazil. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 415, p. 147-154, Nov. 1999.
- BOZELLI, R. L. et al. Variações nictemerai e sazonais de alguns fatores limnológicos na represa municipal de São José do Rio Preto, São Paulo. *Acta Limnologica Brasiliensis*, Botucatu, v. 4, p. 53-66, 1992.

CAVALCANTI, C. G. B. et al. Paranoá lake restoration: impact of tertiary treatment of sewage in the watershed. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, Stuttgart, v. 26, pt. 2, p. 689-693, Dez. 1997.

CESP. *Conservação e manejo nos reservatórios: limnologia, ictiologia e pesca*. São Paulo, 1998. 166 p. (Série Divulgação e Informação, 220.)

COPEL. *Relatório ambiental COPEL – Geração GESPR/SPRGPR/EQGMA 9/1999 Termo de compromisso COPEL-IAP – 30/3/99: licença de operação de usinas hidrelétricas anteriores resolução CONAMA 001/86 e atendimento resolução CONAMA 006/87*. Curitiba, 1999. n. p.

COPEL. *Relatório ambiental COPEL – Geração GESPR/SPRGPR/EQGMA 9/1999 Termo de compromisso COPEL-IAP – 30/3/99: licença de operação de usinas hidrelétricas anteriores resolução CONAMA 001/86 e atendimento resolução CONAMA 006/87*. Curitiba, 2000. n. p.

COPEL/LAC. *Ensaio limnológico do reservatório da usina hidrelétrica de Segredo: parâmetros físicos, químicos e biológicos*. Curitiba, 1996. 103 p. (Relatório Anual – Projeto de Pesquisa – Convênio COPEL/Fumpar/ UFPr.)

DE FRANÇA, V. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. In: MEDRI, M. et al. (Eds.). *A bacia do rio Tibagi*. Londrina: Medri, 2002. cap. 3, p. 45-62.

DUKE ENERGY. *Duke Energy Brasil – geração Paranaapanema/Usina Salto Grande (SAG)...* Disponível em: <<http://www.dukeenergy.com.br/usinas>>. Acesso em: 14 abr. 2005.

ESTEVES, K. E.; SENDACZ, S. Relações entre a biomassa do zooplâncton e o estado trófico de reservatórios do Estado de São Paulo. *Acta Limnológica Brasiliensia*, Botucatu, v. 2, p. 587-604, 1988.

FORNAROLLI-ANDRADE, L.; XAVIER, C. F.; BRUNKOW, R. F. A regional water quality assessment system for Parana State reservoirs, Brazil. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, Stuttgart, v. 26, pt. 2, p. 694-697, Dez. 1997.

HENRY, R. Amônia ou fosfato como agente estimulador do crescimento do fitoplâncton na represa de Jurumirim (rio Paranapanema, SP)? *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 50, n. 4, p. 883-892, nov. 1990.

HENRY, R.; SIMÃO, C. A. Aspectos sazonais da limitação potencial por N, P e Fe no fitoplâncton da represa de Barra Bonita (rio Tietê, SP). *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 1, p. 1-14, fev. 1988.

MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Apresentação Riad Salamune. Introdução Aziz Nassib Ab'Sabber. 2. ed. Rio de Janeiro: J. Olympio; Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná, 1981. 442 p.

MARSHALL, B. E. Predicting ecology and fish yields in african reservoir from preimpoundment physico-chemical data. *CIFA Technical Paper*, v. 12, p. 1-26, 1984.

MATTOS, S. P.; ESTUQUI, V. R.; CAVALCANTI, C. G. B. Lake Paranoá (Brazil): limnological aspects with emphasis on the distribution of the zooplanktonic community

(1982 to 1994). *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, Stuttgart, v. 26, pt. 2, p. 542-547, Dez. 1997.

MEHNER, T.; BENNDORF, J. Eutrophication – a summary of observed effects and possible solutions. *Journal of Water Supply Research and Technology – Aqua SRT*, London, v. 44, p. 35-44, 1995.

PAIVA, M. P. et al. Relationship between the number of predatory fish species and fish yield in large north-eastern Brazilian reservoirs. In: COWX, I. G. (Ed.). *Rehabilitation of freshwater fisheries*. Oxford: Fishing News Books, 1994. ch. 11, p. 120-129.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; SAMPAIO, E. V. Phytoplankton and zooplankton community structure and production as related to trophic state in some Brazilian lakes and reservoirs. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen*, Stuttgart, v. 26, pt. 2, p. 599-604, Dez. 1997.

ROCHA, T. R. P. et al. The photosynthetic/respiratory response of a periphytic population (*Selenastrum capricornutum*) to paraquat as a biomarker. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 131-136, 1998.

SAND-JENSEN, K. et al. Macrophyte decline in danish lakes and streams over the past 100 years. *Journal of Ecology*, v. 88, p. 1030-1040, 2000.

SENDACZ, S.; KUBO, E.; CESTAROLLI, M. A. Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 187-207, maio 1985.

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. Secondary productivity (^3H -Leucine and ^3H -Thymidine incorporation), abundance and biomass of the epiphytic bacteria attached to detritus of *Typha domingensis* pers. in a tropical coastal lagoon. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v. 357, p. 17-26, Dec. 1997.

TUNDISI, J. G. Tropical South America: present and perspectives. In: MARGALEF, R. (Ed.). *Limnology now: a paradigm of planetary problems*. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 353-424.

TUNDISI, J. G. et al. Comparações do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J. G. (Ed.). *Limnologia e manejo de represas*. São Carlos: EESC-USP/CRHEA/ACIESP, 1988. v. 1, t. 1, p. 165-204. (Série: Monografias em Limnologia.)

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Orgs.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras Ed., 2002. cap. 5, p. 153-194.