

XVI COBREAP - CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/AM – 2011

TRABALHO DE PERÍCIA AMBIENTAL

Resumo: reservatórios são considerados corpos de água formados ou modificados por atividades humanas, para servir como um recurso confiável e controlável. Na segunda metade do século XX houve um aumento no número e no tamanho de reservatórios construídos, principalmente nas regiões sudeste e sul do país, com o objetivo de aumentar a geração de energia elétrica para suprir o crescimento da indústria e dos centros urbanos. A construção dos reservatórios provoca modificações nas bacias em que são instalados, visíveis na paisagem local, e também em aspectos de ordem econômica, social e ambiental. Assim, são esperadas diversas mudanças na qualidade de água e nas comunidades aquáticas. Em termos sociais pode ocorrer o deslocamento de populações ribeirinhas e de outros grupos, atraídos para o local em busca de oportunidades de emprego. A perícia ambiental deve indicar os impactos ambientais positivos e negativos decorrentes da implantação desse tipo de obra.

Palavras-chave: *Perícia ambiental, Usina hidrelétrica, Impactos ambientais.*

1 DO MOTIVO DA PERÍCIA

Consoante determinação judicial, o exame pericial tem por objetivo verificar a ocorrência e a extensão de possíveis danos ambientais decorrentes do represamento das águas do Rio Paranapanema, destinado à formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana.

2 DOS EXAMES E LEVANTAMENTOS

2.1 Do Rio Paranapanema

O Rio Paranapanema é um dos grandes afluentes da margem esquerda do Rio Paraná. A bacia do Rio Paraná, assim como outras bacias, tais como a do São Francisco, possui um elevado número de reservatórios, onde são poucos os trechos que permanecem sem a influência de represamentos, preservando suas características lóxicas naturais (Agostinho *et al.*, 2007). A bacia hidrográfica do Rio Paranapanema estende-se pelo sudoeste do Estado de São Paulo e norte do Estado do Paraná, drenando uma área equivalente a 109.600 km² (Sampaio, 1944), sendo 47% no território paulista e 53% no paranaense.

O curso principal do rio, em direção Leste-Oeste, tem uma extensão de 929 km, com 570 metros de desnível, desenvolvendo-se entre as altitudes de 809 e 239 metros. Assim, a declividade média total do Rio Paranapanema, desde suas nascentes até a desembocadura no Rio Paraná, é de 61 cm/km. Não considerando os primeiros 100 km, onde o rio desce a serra de Paranapiacaba, a declividade média é de 43 cm/km, valor relativamente baixo para um percurso tão extenso de 820 km.

O Rio Paranapanema nasce na Serra de Paranapiacaba (48°15'W 24°16'S) e deságua no Rio Paraná, recebendo, como tributários principais, os Rios Itararé, Pardo, Tibagi e Pirapó (Ziesler & Ardizzone, 1979). Divide-se em três trechos principais, chamados de Baixo Paranapanema, Médio Paranapanema e Alto Paranapanema:

Baixo Paranapanema: da foz, no Rio Paraná, até Salto Grande, com 421 km de extensão. Apresenta uma declividade média de 29 cm/km, larguras superiores a 200 metros, nos trechos mais profundos, e superiores a 800 metros, nos trechos rasos. Os raios de curvatura são da ordem de 1.000 metros. O curso é muito pouco sinuoso, apresentando um total equilíbrio horizontal, com exceção do trecho nas proximidades da embocadura no Rio Paraná, onde nota-se a existência de bancos de areia móveis e ilhas.

Médio Paranapanema: de Salto Grande até a confluência do Rio Apiaí-Guaçu, com 328 km de extensão. Apresenta um desnível total de 210 metros. Não se pode falar em declividade média para este trecho, uma vez que, com a construção de várias barragens para fins de aproveitamento hidrelétrico, este desnível está, em sua maior parte, concentrado.

Alto Paranapanema: da confluência do Rio Apiaí-Guaçu, até as nascentes, com uma extensão total de 180 km. Apresenta uma declividade média bastante elevada, de 150 cm/km. Drenando uma série de ribeirões que descem da Serra de Paranapiacaba, o Alto Paranapanema vai ganhando porte e se consolida ao receber os Rios Itapetininga e Apiaí-Guaçu.

A navegação do Rio Paranapanema é praticada basicamente no baixo curso até o porto Euclides da Cunha, jusante da corredeira da Coroa do Frade, numa extensão de cerca de 70 km, contados a partir da foz do Rio Paraná. Em condições naturais, a profundidade mínima neste trecho, em estiagem, é de cerca de 1,50 metros.

A navegação é feita em caráter bastante precário, uma vez que a profundidade do rio não permite o fluxo de barcos de grande porte. Os principais acidentes naturais que interrompem ou prejudicam a navegação são: banco basáltico, rochas aflorantes, velocidade de corrente reduzida, pouca profundidade, canal estreito no meio do rio, velocidade da corrente elevada, movimento ondulatório, canal sinuoso, bancos de areia e trechos com forte declividade. Assim, normalmente verifica-se navegação importante, quando existente, apenas no sentido transversal.

A bacia de drenagem do Rio Paranapanema estende-se por três grandes unidades do relevo brasileiro: o Planalto Atlântico, a Depressão Periférica e o Planalto Arenítico Basáltico Ocidental (Ab'Saber, 1956). A Serra de Paranapiacaba, onde se situa sua nascente, constitui o divisor de águas das bacias pequenas voltadas para a costa, do Ribeira de Iguape, do Paraíba do Sul e do Paraná, com altitudes de até 1.100 metros e afloramentos de rochas pré-cambrianas constitutivas.

Deixando a serra, os afluentes da margem direita da bacia do Rio Paranapanema seguem por uma faixa de terrenos sedimentares carbonífero-permianos, dos grupos Itararé e Passa Dois e, a partir das proximidades da cidade de Piraju, correm pelo grande domínio dos derramamentos basálticos do final do Mesozóico, a chamada formação Serra Geral. Em seu trecho final, das proximidades da cidade de Teodoro Sampaio até seu encontro com o Rio Paraná, drena os sedimentos cretáceos da formação Caiuá (Instituto Geográfico e Geológico, 1974).

O clima geral nas porções superior e média da bacia é tropical subquente e superúmido, com subseca, enquanto que na porção inferior é tropical subquente úmido, com um a dois meses secos. De modo geral, há pelo menos um mês por ano com temperatura média inferior a 18°C e a temperatura média no mês mais quente é superior a 22°C. A maior parte da bacia está inclusa nas isoietas de 1.200 mm anuais (Nimer, 1989). No passado recente, em tempos históricos, a área da bacia de drenagem do Rio Paranapanema era majoritariamente coberta pelos Bosques Subtropicais Decíduos e Mesofíticos do Brasil Oriental e Meridional (Floresta Estacional Semidecidual) (Huek & Seibert, 1981).

O desnível do Rio Paranapanema foi intensamente aproveitado para a exploração de energia hidrelétrica. O canal principal consiste em uma sucessão de barragens destinadas a 11 usinas hidrelétricas (Jurumirim, Piraju, Santa Cruz, Chavantes, Ourinhos, Salto Grande, Canoas II, Canoas I, Capivara, Taquaruçu e Rosana) (Figura 1), sendo que a concessão para exploração destas usinas é de domínio privado, a cargo de duas empresas: Duke Energy International – Geração Paranapanema e Companhia Brasileira de Alumínio (CBA).

Oito destas usinas encontram-se sobre concessão da empresa Duke Energy International, ocupando uma área de 1.790,45 km², acumulando um volume de água de 29.343 hm³, potencial energético instalado de 2.307 MW e alagando 1.800 km² de bacia de drenagem (www.duke-energy.com.br) (Tabela 1).

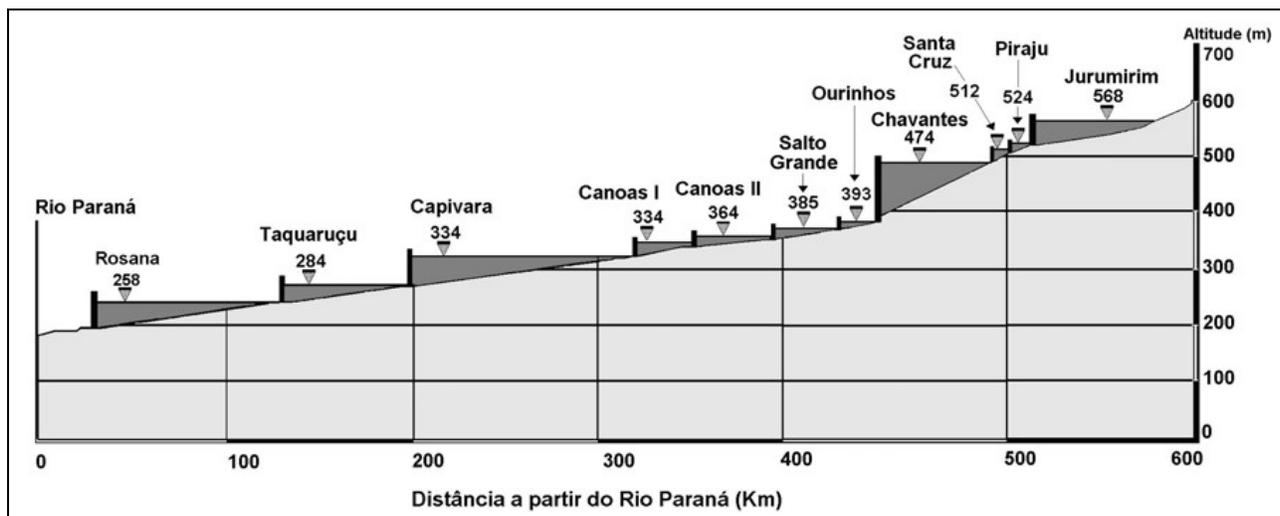


Figura 1: reservatórios ao longo do Rio Paranapanema. Distância entre reservatórios a partir do Rio Paraná e cotas altimétricas em relação ao nível do mar (Neves, 2008).

Tabela 1: capacidade e área de reservatório de usinas instaladas no Rio Paranapanema.

Barragem	Capacidade de produção	Área do reservatório
Usina Hidrelétrica de Jurumirim	98 MW	449,00 km ²
Usina Hidrelétrica de Chavantes	414 MW	400,00 km ²
Usina Hidrelétrica de Salto Grande	74 MW	12,00 km ²
Usina Hidrelétrica de Canoas II	72 MW	22,50 km ²
Usina Hidrelétrica de Canoas I	83 MW	30,85 km ²
Usina Hidrelétrica de Capivara	640 MW	576,00 km ²
Usina Hidrelétrica de Taquaruçu	554 MW	80,10 km ²
Usina Hidrelétrica de Rosana	372 MW	220,00 km ²

Fonte: <http://www.duke-energy.com.br/usinas>.

Inúmeros usos secundários têm sido observados e alguns deles tendem a adquirir grande importância. Alguns exemplos são as atividades voltadas ao turismo e lazer em Jurumirim e, mais recentemente, em Chavantes, tendo grande impacto na economia regional. Outras atividades que começam a apresentar um nível maior de organização são a pesca esportiva e profissional e a aquicultura, em tanques-redes, principalmente no médio e baixo Paranapanema, como em Rosana e Capivara (Nogueira *et al.*, 2006).

Os primeiros estudos que incluíram os reservatórios do Rio Paranapanema foram realizados em 1979, no projeto intitulado “Tipologia de reservatórios do Estado de São Paulo” (Tundisi, 1980). Desses dados, Sampaio *et al.* (2002) publicaram um estudo de composição e abundância do zooplâncton em sete reservatórios do Rio Paranapanema. Nos últimos anos, este rio, e sua sequência de reservatórios, têm sido alvo de inúmeras pesquisas limnológicas, realizadas principalmente por pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu. Uma série de trabalhos tem focado as variações limnológicas e das comunidades aquáticas

(fitoplâncton, zooplâncton e zoobêntos) dos reservatórios em cascata no Rio Paranapanema e seus principais tributários (Nogueira *et al.*, 2001; Nogueira *et al.*, 2002 a, b; Jorcin & Nogueira, 2005 a, b; Britto, 2003; Oliveira, 2004; Gralhóz, 2005; Nogueira *et al.*; 2006; Kudo *et al.*, 2006; Ferrareze & Nogueira, 2006; Nogueira *et al.*, prelo; Sartori *et al.*, prelo).

Também começaram a ser publicadas informações geradas em um projeto da Universidade Estadual de Maringá/Nupélia, que pesquisou, entre os anos de 2000 e 2001, trinta reservatórios do Estado do Paraná, incluindo alguns do Rio Paranapanema. Uma síntese desses trabalhos pode ser encontrada em Rodrigues *et al.* (2005), com uma abordagem geral incluindo a limnologia dos reservatórios, a estrutura das comunidades associadas e a pesca. Contribuições científicas têm sido publicadas com dados originados do mesmo projeto. Velho *et al.* (2004), Lansac-Tôha *et al.* (2004) e Pereira *et al.* (2005) abordaram a abundância de protozoários nos reservatórios do Rio Paranapanema, assim como Bini *et al.* (2007) que analisaram padrões de concordância do zooplâncton entre reservatórios. Para a comunidade periférica, Felisberto & Rodrigues (2005) estudaram os reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

2.2 Das características gerais de reservatórios

Reservatórios são considerados corpos de água formados ou modificados por atividades humanas para servir como um recurso confiável e controlável (Thornton *et al.*, 1990; Straškraba & Tundisi, 1999), sendo construídos há pelo menos 5.000 anos, conforme registros obtidos no Oriente Médio e na Ásia. Suas funções originais principais eram voltadas ao controle de cheias, irrigação e suprimento de água para abastecimento (Agostinho *et al.*, 2007). No Brasil, a prática de construção de açudes e pequenos reservatórios, para fins de fornecimento de água para populações locais, vêm sendo realizada a longo tempo, especialmente na região nordeste, uma vez que as chuvas nesta região não são frequentes e o acúmulo de água para reserva torna-se fundamental (Agostinho *et al.*, 2007).

Na segunda metade do século XX houve um aumento no número e no tamanho de reservatórios construídos, principalmente nas regiões sudeste e sul do país. O objetivo principal foi o de aumentar a geração de energia elétrica para suprir o crescimento da indústria e dos centros urbanos; todavia, servia também para controle de vazão, geração de empregos, estocagem de peixes, aquicultura, recreação, turismo, uso industrial, navegação e abastecimento (Thornton *et al.*, 1990; Straškraba & Tundisi, 1999; Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2003).

A construção dos reservatórios provoca modificações nas bacias em que são instalados, visíveis na paisagem local, e também em aspectos de ordem econômica, social e ambiental (Straškraba & Tundisi, 1999; Agostinho *et al.*, 2007). Assim, são esperadas diversas mudanças na qualidade de água e nas comunidades aquáticas (fitoplâncton, zooplâncton, bacterioplâncton, ictiofauna, bentos). Efeitos na biodiversidade podem ser esperados, como a redução do número de espécies, introdução de espécies exóticas e desaparecimento de algumas nativas, eutrofização excessiva com aumento de algas cianofíceas ou macrófitas, introdução de vetores de doenças, entre outros (Thornton *et al.*, 1990; Matsumura-Tundisi, 1999; Tundisi &

Matsumura-Tundisi, 2003; Tundisi, 2006). Em termos sociais pode ocorrer o deslocamento de populações ribeirinhas e de outros grupos, atraídos para o local em busca de oportunidades de emprego (Agostinho *et al.*, 2007).

Nos reservatórios, especialmente naqueles de maior porte, é possível visualizar a formação de compartimentos de grande complexidade espacial e temporal, devido às próprias características do relevo inundado, padrões de circulação/retenção e interações com os tributários e o ambiente terrestre (Thornton *et al.*, 1990; Straškraba *et al.*, 1993; Nogueira, 2001; Pagioro *et al.*, 2005). A variabilidade espacial ocorre principalmente ao longo do eixo principal, devido a gradientes longitudinais de velocidade de fluxo, profundidade, largura, sedimentação de partículas, transparência, penetração de luz, estratificação térmica, entre outros (Armengol *et al.*, 1999; Henry & Maricatto, 1996; Nogueira *et al.*, 1999; 2006; Pagioro & Thomaz, 2002; Tundisi, 2006).

O potencial energético a ser gerado com a construção de uma barragem, bem como sua altura, pode ser estimado em virtude do declive e relevo de cada bacia hidrográfica. Assim, dependendo do tipo de funcionamento (vazão/retenção), dois tipos básicos de reservatórios são reconhecidos: *fio d'água* e *acumulação* (Kelman *et al.*, 1999). Conforme o fluxo de água, em ambos os tipos de reservatórios pode ser observada uma zonação longitudinal, com o estabelecimento de compartimentos lótico, intermediário e lêntico. O formato do reservatório *fio d'água* é simples e a profundidade não muito elevada, enquanto que o de *acumulação* apresenta um formato dendrítico e maior profundidade; conseqüentemente, possui grande área inundada e elevado volume de água. No *fio d'água*, a oscilação do nível da água é diária e de menor amplitude; no de *acumulação*, há uma grande amplitude de variação sazonal (Figura 2). Outra característica a ser destacada é o tempo teórico de residência da água, isto é, o tempo que a água fica retida no sistema (Straškraba & Tundisi, 1999). Nos reservatórios *fio d'água* esse período é relativamente curto, geralmente menor que 20 dias, enquanto que nos reservatórios de *acumulação* é maior que 100 dias.

Mudanças nos gradientes longitudinais de massas de água refletem-se na estrutura e composição das comunidades bióticas (Straškraba & Tundisi, 1999; Nogueira, 2000; Nogueira, 2001; Panarelli *et al.*, 2003; Mitsuka & Henry, 2002; Nogueira *et al.*, 2006). Thornton *et al.* (1990) propuseram um modelo, agora clássico, de zonação longitudinal, no qual dividiram o reservatório em zonas: lótic (ou fluvial), intermediária e lêntica (ou lacustre). Entretanto, sabe-se atualmente que nos grandes reservatórios tropicais essa zonação é multidimensional, bastante influenciada pela entrada de tributários secundários e também pelo tempo de residência de cada braço do reservatório (Nogueira *et al.*, 1999; Nogueira, 2000; 2001; Pinto-Coelho *et al.*, 2006).

Considerando-se que nos sistemas aquáticos lacustres a base da cadeia alimentar provém, fundamentalmente, da comunidade fitoplanctônica, esta se torna diretamente responsável pela manutenção do zooplâncton (Margalef, 1983; Esteves, 1998). Fernandes *et al.* (2005), baseados na proposta de zonação em reservatórios de Thornton *et al.* (1990), descreveram os fatores controladores da produtividade nas diferentes zonas do reservatório do Passaúna (bacia do alto Rio Iguaçu / PR).

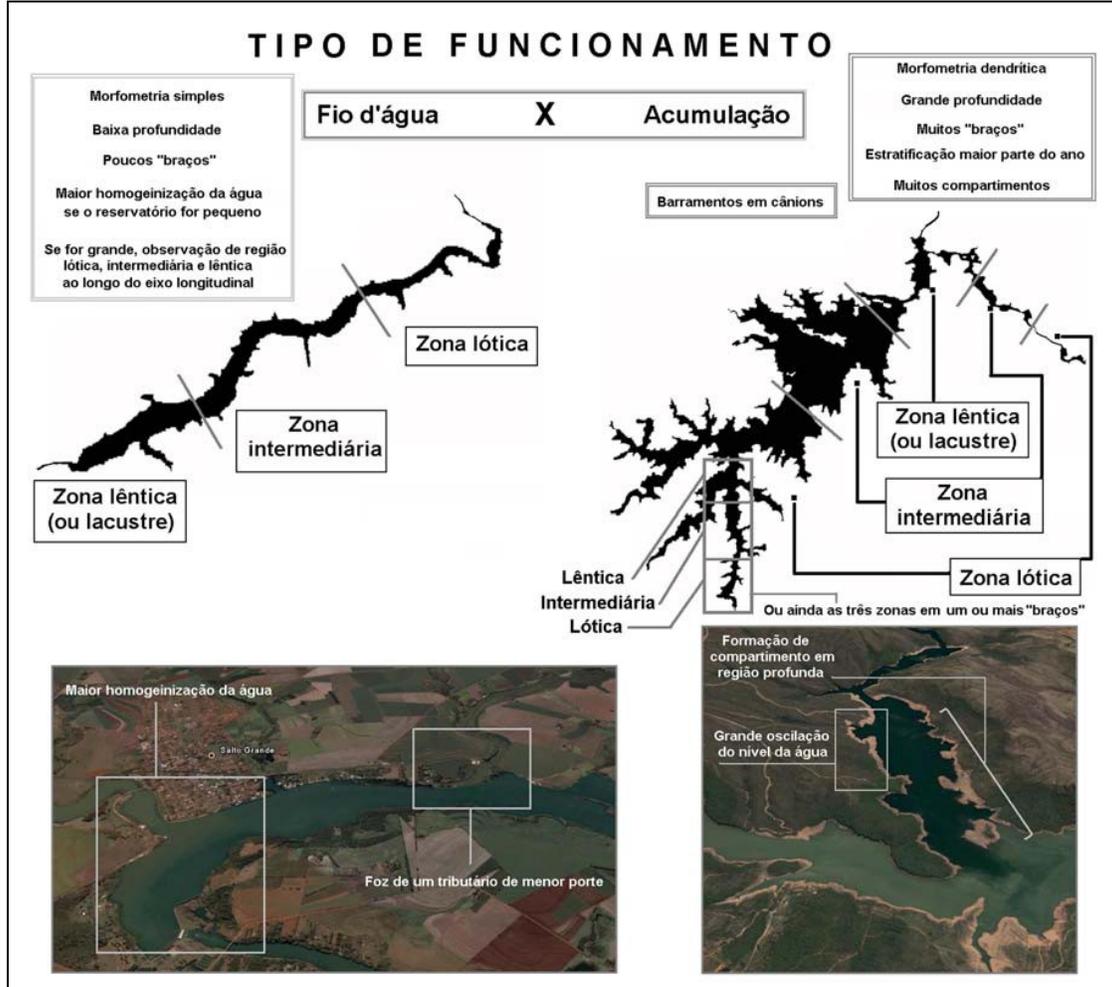


Figura 2: funcionamento e características de reservatórios *fio d'água* e *acumulação*. Esquerda: UHE Rosana/Rio Paranapanema (superior) e UHE Salto Grande/Rio Paranapanema (inferior); Direita: UHE Chavantes/Rio Paranapanema (superior) e UHE Corumbá/Rio Corumbá (inferior) (Neves, 2008).

Em locais próximos à barragem pode ocorrer um aumento da densidade fitoplanctônica pela maior penetração da luz solar. Com isso, o zooplâncton herbívoro tende a se desenvolver melhor e, na maioria das vezes, é representado por grandes populações de microcrustáceos. Após esses picos máximos de abundância, as populações tendem a declinar, possivelmente pela queda na quantidade de alimento disponível devido ao grande consumo de algas (herbivoria) e de nutrientes (“*bottom-up*”). Pode ocorrer, ainda, intensa pressão de predação por peixes planctívoros com orientação visual (“*top-down*”), visto que nessa região a transparência da água alcança os maiores valores.

Nas zonas intermediárias dos reservatórios (transição rio-represa) é observada, em geral, uma alta riqueza de espécies e, às vezes, maiores densidades do zooplâncton, comparado com a zona da barragem. Entre as principais causas que determinam esse padrão estão as intensidades com que agem as forças

hidrodinâmicas. Nos reservatórios do Rio Paranapanema, por exemplo, tem sido verificada uma maior riqueza de espécies nas regiões a montante quando comparado com a zona lacustre próxima da barragem. Isso ocorre para o zooplâncton em Jurumirim (Nogueira, 2001; Panarelli *et al.*; 2003; Britto, 2003; Sartori *et al.* - prelo) e peixes em Taquaruçu (Britto & Carvalho, 2006) e Jurumirim (Carvalho & Silva, 1999). Diferentes autores verificaram resultados semelhantes em outros reservatórios brasileiros (Lansac-Tôha *et al.*, 1999; Bonecker *et al.*, 2001; Takahashi *et al.*, 2006; Velho *et al.*, 2005; Serafim-Júnior *et al.*, 2005; Santos-Wisniewski & Rocha, 2007).

O aumento de atividades antrópicas de alto impacto, como o lançamento de esgotos e ocupação desordenada do solo pela urbanização, agricultura e pecuária, nas margens de rios e reservatórios, tem levado ao enriquecimento excessivo de nutrientes nesses ambientes, em especial de Fósforo (P) e Nitrogênio (N), efeito conhecido como eutrofização (Pinto-Coelho *et al.*, 1999). Nos reservatórios, as consequências desse processo geralmente manifestam-se no aumento da produção primária, com visíveis florações de algas cianofíceas (algumas tóxicas) e proliferação de macrófitas aquáticas (prejudicam a produção de energia elétrica - dificultam ou obstruem a captação para as turbinas) (Esteves, 1998; Marcondes *et al.*, 2003; Bollmann & Andreoli, 2005).

Marouelli *et al.* (1988) destacaram a necessidade de se ampliar os estudos limnológicos sobre os reservatórios, para que sejam compreendidos os seus mecanismos de funcionamento e estabelecidos os fundamentos da utilização da água de uma forma racional.

2.3 Do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana

O reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana encontra-se no Baixo Paranapanema, apresentando uma área aproximada de 220,00 km², localizado entre as barragens das usinas hidrelétricas de Rosana e Taquaruçu (Imagem 01). Trata-se de um reservatório do tipo *fio d'água*, com baixa profundidade, inviabilizando a navegação longitudinal de grandes embarcações, mesma situação verificada antes do represamento das águas para formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana, quando a profundidade da calha principal era menor que a verificada após o represamento.

Interessa ao presente estudo a parte do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana que se encontra nas áreas pertinentes aos municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá (Imagem 02). As áreas alagadas pela formação do reservatório de Rosana, nos municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá foram, respectivamente, 1.347,40 ha, 1.365,7 ha e 1.673,70 ha, representando 12%, 08% e 10% da área total desses municípios (Tabela 2).



Imagem 1: vista de satélite do reservatório localizado entre as barragens das UHE de Rosana e Taquaruçu. Observa-se a localização aproximada dos municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá (Google Earth, 2010).

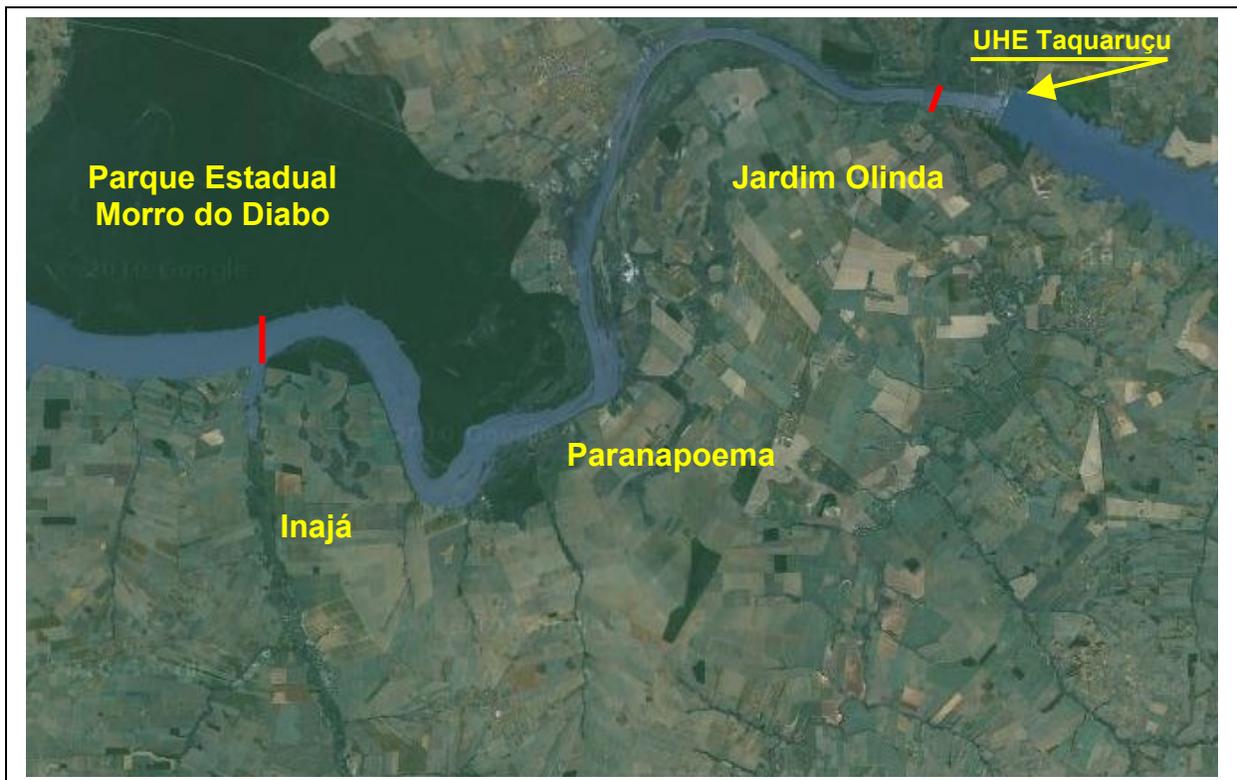


Imagem 2: vista do reservatório entre as barragens das UHE de Rosana e Taquaruçu. Observa-se a localização dos municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá, bem como a área do reservatório a ser examinada (entre as linhas de cor vermelha) (Google Earth, 2010).

Tabela 2: áreas afetadas dos municípios pela formação do Reservatório de Rosana.

Município	Área Municipal (ha)	Área Alagada (ha)	Área Desapropriada (ha)	Propriedades afetadas
Jardim Olinda	11.200	1.347,4	1.381,2	23
Paranapoema	17.300	1.365,7	1.617,4	6
Inajá	17.300	1.673,7	2.075,0	10

Fonte: Companhia Energética de São Paulo – CESP, 1996.

2.4 Das compensações financeiras

O artigo 20, §1º, da Constituição Federal, instituiu uma compensação financeira pela exploração de recursos hídricos (CFURH – Contribuição Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos) para fins de geração de energia elétrica, garantindo uma participação nos resultados dessa exploração a Estados, Distrito Federal e Municípios impactados pela construção e operação de usinas hidrelétricas. O objetivo foi assegurar que as regiões se adequassem às mudanças econômicas, sociais e ambientais ocorridas a partir da implantação e da operação de uma usina hidrelétrica. A regulamentação deste artigo se deu por meio das Leis Federais nºs 7.990/89 e 8.001/90.

O valor desta compensação financeira é de 6,75% do valor da energia produzida, sendo que o Ministério do Meio Ambiente recebe 0,75% deste valor apenas para investimentos na Política Nacional de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Os demais 6% da compensação financeira são distribuídos na seguinte proporção: 45% para os Estados, 45% para os municípios, 4% para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 3% para o Ministério das Minas e Energia e 3% para o Ministério do Meio Ambiente.

Conforme a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, os municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá receberam, entre 1997 e 2010, respectivamente R\$ 1.405.582,16 (um milhão, quatrocentos e cinco mil, quinhentos e oitenta e dois reais e dezesseis centavos); R\$ 1.881.487,70 (um milhão, oitocentos e oitenta e um mil, quatrocentos e oitenta e sete reais e setenta centavos) e R\$ 2.157.526,12 (dois milhões, cento e cinquenta e sete mil, quinhentos e vinte e seis reais e doze centavos) (Tabela 3).

O Estado do Paraná recebe o mesmo valor equivalente a soma dos três municípios. Assim, no período compreendido entre 1997 e 2010, os três municípios Requerentes receberam a importância de R\$ 5.444.595,98 (cinco milhões, quatrocentos e quarenta e quatro mil, quinhentos e noventa e cinco reais e noventa e oito centavos), exatamente o mesmo valor repassado ao Governo do Estado do Paraná.

Tabela 3: valores provenientes da CFURH para os municípios entre 1997 e 2010.

Ano/Município	Jardim Olinda (R\$)	Paranapoema (R\$)	Inajá (R\$)
2010	192.436,86	259.567,22	293.961,98
2009	166.931,93	225.165,06	255.001,26

Tabela 3: valores provenientes da CFURH para os municípios entre 1997 e 2010 (cont.).

Ano/Município	Jardim Olinda (R\$)	Paranapoema (R\$)	Inajá (R\$)
2008	146.121,05	197.094,44	223.211,05
2007	131.573,50	177.472,07	200.988,56
2006	132.492,58	178.711,76	202.392,52
2005	123.050,02	165.975,23	187.968,30
2004	102.591,30	138.379,61	156.716,03
2003	100.565,19	135.598,47	153.655,77
2002	82.883,19	111.634,22	126.727,29
2001	69.414,32	92.901,64	106.559,80
2000	32.903,95	41.565,50	52.292,89
1999	43.875,63	55.425,34	69.729,72
1998	44.107,52	55.718,28	70.098,26
1997	36.635,12	46.278,86	58.222,69
TOTAL	1.405.582,16	1.881.487,70	2.157.526,12

Fonte: ANEEL, 2010 (<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/cmpf/gerencial/>).

2.5 Das rodovias de acesso aos municípios

Conforme o Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER-PR) e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT), as estradas e/ou rodovias que interligam os três municípios Requerentes encontram-se na mesma situação anterior ao represamento para formação do reservatório de Rosana (Rodovia Estadual PR-464 e Rodovia Federal BR-158). Não houve interrupção das vias terrestres entre os municípios Requerentes em virtude da formação do reservatório de Rosana.

2.6 Da ictiofauna

Ictiofauna nada mais é do que o conjunto das espécies de peixes que existem em uma determinada região biogeográfica. O sistema do Alto Rio Paraná (Figura 3) pertence à região ictiofaunística do Paraná (Géry, 1969), que inclui o sistema dos Rios da Prata-Uruguai-Paraná-Paraguai, e representa o segundo maior sistema de drenagem na América do Sul, com 3,2 milhões de km² (Lowe-McConnell, 1987, 1999). Corresponde à porção da bacia do Rio Paraná situada a montante de Sete Quedas (inundada pelo reservatório de Itaipu), abrigando grandes tributários, onde se destacam os Rios Grande, Paranaíba, Tietê e Paranapanema.

A drenagem do Alto Rio Paraná possui, aproximadamente, 900.000 km², incluindo o norte do Estado do Paraná, sul do Mato Grosso do Sul, a maioria do Estado de São Paulo (a oeste da Serra do Mar), sul de Minas Gerais, sul de Goiás e uma área pequena do Paraguai oriental, adjacente ao Mato Grosso do Sul. A área se localiza na face sul do Escudo Brasileiro e inclui frações dos domínios morfoclimáticos dos cerrados, planaltos de araucárias e tropical úmido, bem como as regiões de transição correspondentes entre eles (Ab'Sáber, 1977a, 1977b). Quanto à fitogeografia, a região abrange áreas pertencentes às províncias Atlântica e Central (Rizzini, 1997), com vegetação caracterizada por florestas subtropicais decíduas e mesofíticas, cerrados, florestas de araucárias, campos rupestres e matas de galeria (Hueck & Seibert, 1981).

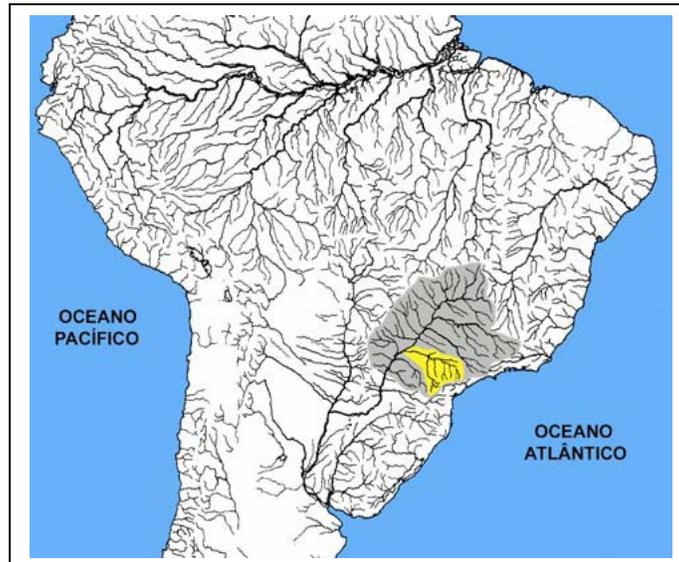


Figura 3: principais drenagens da América do Sul, com a bacia do Alto Rio Paraná (em cinza) e sub-bacia do Rio Paranapanema (em amarelo) salientadas (Castro, 2003).

Há evidências fortes de que, pelo menos com relação a alguns grupos de peixes, o Alto Rio Paraná constitui uma área de endemismo, causalmente conectada à formidável barreira para os peixes migradores representada, antigamente, por Sete Quedas, que isolou por muito tempo a maioria da ictiofauna do Alto Rio Paraná da fauna remanescente dos sistemas dos rios da Prata-Uruguai-Paraná-Paraguai (Britski & Langeani, 1988; Menezes, 1988; Vari, 1988; Weitzman *et al.*, 1988; Langeani, 1990; Menezes, 1996a, 1996b; Castro & Casatti, 1997).

No Estado de São Paulo (Castro & Menezes, 1998), o sistema do Alto Paraná inclui os maiores rios do Estado e contém 22 famílias e aproximadamente 170 espécies de peixes descritas. Estes grandes canais principais são habitados por espécies de médio a grande porte, como os curimatás (*Prochilodus* spp.), piaparas (*Leporinus* spp.), pintados (*Pseudoplatystoma* spp.) e jaús (*Zungaro zungaro*), normalmente com distribuições geográficas extensas e importância na pesca comercial e de subsistência. Associado a estes grandes rios há um grande número de riachos e cabeceiras, habitados principalmente por espécies de peixes de pequeno porte (geralmente menos que 15 cm de comprimento padrão), com distribuições geográficas restritas, pouco ou nenhum valor comercial e muito dependentes da vegetação ripária para alimentação, abrigo e reprodução (Böhlke *et al.*, 1978; Lowe-McConnell, 1987, 1999). Espécies de peixes de pequeno porte correspondem a aproximadamente 50% do total de espécies de peixes de água doce descritas da América do Sul e mostram um grau elevado de endemismo. Tais espécies, por serem fortemente dependentes do material orgânico alóctone importado da vegetação marginal para sobreviver (Lowe-McConnell, 1975, 1987, 1999; Menezes *et al.*, 1990; Sabino & Castro, 1990; Araújo Lima *et al.*, 1995), também estão ameaçadas por atividades antrópicas prejudiciais, tais como o desmatamento e o uso de fertilizantes e praguicidas associados a atividades agrícolas

intensivas. Estimativas feitas durante a reunião do Grupo de Trabalho “Bacias Hidrográficas”, no Workshop do Programa BIOTASP/FAPESP (1987), indicam que no Estado de São Paulo, dentro do sistema do Alto Paraná, as sub-bacias do Pontal do Paranapanema, Alto Paranapanema, Peixe, Aguapeí, Baixo Tietê e São José dos Dourados, são pobremente amostradas. As sub-bacias do Médio Paranapanema, Turvo-Grande, Baixo Pardo-Grande, Sapucaí-Grande e Piracicaba-Capivari-Jundiá são moderadamente amostradas, e somente as sub-bacias do Tietê-Sorocaba, Tietê-Jacareí, Tietê-Batalha, Mogi-Guaçu e Pardo são razoavelmente amostradas.

O Rio Paranapanema apresenta 155 espécies de peixes catalogadas, distribuídas em nove grandes grupos, embora muitas raramente sejam encontradas em seu ambiente aquático, como é o caso do *Piaractus mesopotamicus* (Britto *et al.*, 2008), também conhecido como pacu, caranha, pacu-caranha ou pacu-guaçu. Isso se deve ao fato de que, nos últimos 50 anos, têm ocorrido impactos negativos na ictiofauna do Rio Paranapanema devido à interferência humana, com a construção de barragens para geração de energia elétrica, poluição dos rios e outras mudanças ambientais (Leuzzi *et al.*, 2004). Ainda conforme Britto *et al.* (2008), os nove grandes grupos de peixes do Rio Paranapanema são (Tabela 4):

Tabela 4: grupos de peixes do Rio Paranapanema e seus exemplares.

Grupo/ Exemplos	Exemplos
Characiformes	Lambari, piapara, dourado, traíra
Gymnotiformes	Tuvira, ituí
Siluriformes	Bagre, mandi, cascudo
Cypriniformes	Carpa
Perciformes	Acará, bocarra, tucunaré, tilápia, corvina
Cyprinodontiformes	Guaru, lebiste
Synbranchiformes	Mussum
Pleuronectiformes	Linguado
Rajiformes	Raia

Fonte: Britto *et al.* (2008).

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, entidades que causam impacto ao ambiente aquático devem adotar medidas de proteção dos recursos biológicos. No entanto, muitas ações que buscam conservar os recursos aquáticos têm sido realizadas sem respaldo científico (Agostinho *et al.*, 2005). Um exemplo são os programas de repovoamento, os quais são muito questionados quanto à sua eficiência e aos impactos que possam causar na ictiofauna. A diminuição da variabilidade genética reduz a capacidade que os peixes possuem de se adaptarem a diferentes condições ambientais. Portanto, a manutenção da variabilidade genética é importante para a viabilidade dos programas de repovoamento (sobrevivência dos peixes jovens no ambiente), a fim de evitar efeitos adversos na ictiofauna (Barroso *et al.*, 2005; Sirol & Britto, 2006). Neste contexto, o monitoramento genético desses programas é essencial para a conservação genética.

Todavia, estudo realizado por Martin *et al.* (2010) demonstrou que o Rio Paranapanema, a despeito da existência de inúmeras usinas hidrelétricas, e da redução do número de peixes ao longo dos anos, ainda mantém o padrão de distribuição taxonômica dos ecossistemas aquáticos continentais da América do Sul, com predomínio das ordens Characiformes (lambari, piapara, dourado, traíra) e Siluriformes (bagre, mandi, cascudo). Este resultado pode ser explicado pela existência de um programa de repovoamento apropriado, que tem possibilitado a realimentação do rio nos tipos de peixes esperados.

Durante a realização dos exames no reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana, mais precisamente no trecho referente aos municípios de Jardim Olinda, Paranaipoema e Inajá, observou-se a presença de 87 pescadores, dispostos de maneira aleatória ao longo de toda a área, tanto nos barrancos do Rio Paranapanema quanto em barcos, praticando pesca não-comercial (esportiva e/ou de subsistência). Promovida a uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, apenas singelas menções sobre a redução do número de peixes foram encontradas em alguns artigos científicos (p.e., Leuzzi *et al.*, 2004; Martin *et al.*, 2010), não sendo informada, todavia, a porcentagem de redução de cada uma das espécies.

O Requerido apresentou ao IBAMA um Programa de Gestão Ambiental, onde foi contemplado o Manejo e a Conservação da Ictiofauna por meio, principalmente, de dois subprogramas: (i) monitoramento da ictiofauna e avaliação da importância de tributários para manutenção da diversidade de peixes e (ii) repovoamento do reservatório com espécies nativas.

No primeiro subprograma, que se encontra em andamento, está sendo feita a caracterização ictiológica da zona pelágica do reservatório de Rosana, no gradiente longitudinal, nos diferentes compartimentos (lótico, transição e lacustre), dos dois principais tributários (Rio Pirapó e Rio Pirapozinho), das lagoas marginais “naturais” e daquelas lagoas oriundas da construção do reservatório (cavas de mineração inundadas), visando à análise comparativa e integrada desses diferentes subsistemas e a possível relação entre eles (Imagens 03 a 05).

Na primeira análise, realizada em 2005, foram identificadas 47 espécies de peixes, a partir de uma coleta de 1640 exemplares, englobando todas as áreas anteriormente descritas (Relatório de Implantação de Programas Ambientais – RIPA, 2005). Em uma segunda análise, realizada em 2009, foram capturadas 27 espécies de peixes diferentes apenas na área do reservatório, sendo os mais frequentes o cascudo, o cascudo chininho, a corvina, o cascudo abacaxi, o mandi-guaçú e a piranha (Relatório de Implantação de Programas Ambientais – RIPA, 2009).

No segundo subprograma, dentre outros objetivos, tem-se a produção e soltura de 1.500.000 (um milhão e quinhentos mil) alevinos/ano, especificamente das espécies pacu-guaçu, piapara, curimatá, dourado e piracanjuba, ao longo dos reservatórios do Rio Paranapanema. Apenas no reservatório de Rosana foram soltos 278.000 (duzentos e setenta e oito mil alevinos no ano de 2005 (RIPA, 2005) e 170.000 (cento e setenta mil) peixes juvenis no ano de 2009 (RIPA, 2009).



Imagem 3: foz do Rio Pirapó, no encontro com as águas do Rio Paranapanema.



Imagem 4: Rio Paranapanema (de Jardim Olinda/PR).



Imagem 5: Uma das lagoas do reservatório de Rosana, observando-se a água e a flora.

2.7 Da mata ciliar

O processo de ocupação do território brasileiro caracterizou-se pela falta de planejamento e conseqüente destruição dos recursos naturais, em especial as florestas nativas representadas pelos diferentes biomas (Martins, 2001). A região noroeste do Paraná, com seus solos arenosos, derivados do Arenito Caiuá, apresenta um intenso processo erosivo, causado principalmente pelo desmatamento ocorrido durante sua colonização, associado ao desrespeito à aptidão agrícola da região. No final do século passado, 83% da área do Estado era coberto com florestas e o restante era ocupado por campos naturais. Atualmente, os levantamentos indicam restar menos de 7% de cobertura florestal no estado e menos de 1% na região noroeste (Campos, 1999).

A paisagem original do Estado do Paraná, que ao longo das calhas dos rios possuía uma vegetação ciliar peculiar, foi transformada, sendo reduzida a um mosaico de fragmentos ciliares situados em locais de topografia acidentada. Essas matas são formações associadas aos cursos d'água, possuindo largura variável e apresentando variações em sua estrutura e composição florística. Elas desempenham importantes funções ecológicas e hidrológicas na bacia hidrográfica, melhorando a qualidade da água, permitindo uma melhor regularização dos recursos hídricos, dando estabilidade aos solos marginais e promovendo o melhor desenvolvimento, sustentação e proteção da fauna ribeirinha e dos organismos aquáticos (Rosa, 1991).

O artigo 2º do Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65) considera necessária a manutenção das áreas de preservação permanente e de reserva legal. Apesar dessas formações serem protegidas por lei, continuam sendo intensamente devastadas para

retirada de madeira, exploração agropecuária ou simplesmente por ação antrópica indiscriminada (Rodrigues; Gandolfi, 2001; Ab'Saber, 2001; Veiga, 2002).

Na área de mata ciliar existente nos municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá a vegetação se enquadra como floresta estacional semi-decidual, nas partes mais elevadas, e aluvial em uma faixa restrita influenciada por inundações periódicas do Rio Paranapanema. O clima é do tipo Cfa – mesotérmico, úmido, sem estação seca e com verão quente. A temperatura média do mês mais frio é abaixo de 18°C e a temperatura média do mês mais quente é acima dos 22°C (Maack, 1968). A precipitação média anual está entre 1.200 mm e 1.400 mm, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos (IAPAR, 1994). A maior parte dos solos foi formada pelo Arenito Caiuá, ocorrendo solos derivados de sedimentos fluviais nas porções adjacentes ao rio.

No Relatório de Implantação de Programas Ambientais (2009), o Requerido propôs, dentro do Programa de Recomposição Florestal, dois subprogramas: (i) subprograma de corredores ecológicos florestais e (ii) subprograma para recomposição da proteção florestal dos municípios de Jardim Olinda, Paranapoema e Inajá.

O subprograma de corredores ecológicos florestais tem como objetivos mitigar a perda de ambientes florestais, contribuir na mitigação de processos erosivos nas bordas do reservatório e tributários, favorecer a regeneração natural em áreas de estágios pioneiros de sucessão, favorecer o desenvolvimento de ambientes propícios para abrigo, alimentação e dispersão da fauna silvestre regional e propiciar melhoria nos aspectos cênicos da borda do reservatório. As áreas escolhidas inicialmente para plantio, cujas propriedades estão sob concessão da empresa Duke Energy – Geração Paranapanema, encontram-se dentro da área de remanso do reservatório, principalmente nos municípios de Jardim Olinda e Paranapoema, constituída por áreas alagáveis, lagoas marginais do reservatório, fragmentos florestais, áreas em regeneração natural e antigas áreas de cultivo de cana-de-açúcar e pastagem.

O plantio iniciou-se em 2007, com aproximadamente 150 mil mudas de espécies florestais características da floresta estacional semi-decidual, em 100 hectares, com espaçamentos de 3x2 metros, resultando em uma planta a cada 6m². A proposta inicial contempla 78 espécies de crescimento acelerado, a fim de garantir um rápido recobrimento da área e enriquecer a vegetação local. Já o subprograma para recomposição da proteção florestal dos municípios Requerentes, em virtude das condições similares, foi incorporado pelo subprograma corredores ecológicos florestais (projeto de implantação da área de conservação ambiental Rosana – Paranapoema).

Durante a realização dos exames de campo (dias 28 e 29 de setembro de 2010) observou-se que a maioria da recomposição de mata ciliar se encontra nas áreas do município de Paranapoema, uma vez que a mata ciliar existente ao longo dos municípios de Jardim Olinda e Inajá encontra-se em um melhor estado de conservação e desenvolvimento (Imagens 06 a 14). Assim, a mata ciliar da área à montante da barragem de Rosana é uma mata de encosta que se encontra em modificação florística e estrutural.



Imagem 6: mata ciliar às margens do reservatório de Rosana (Jardim Olinda/PR).

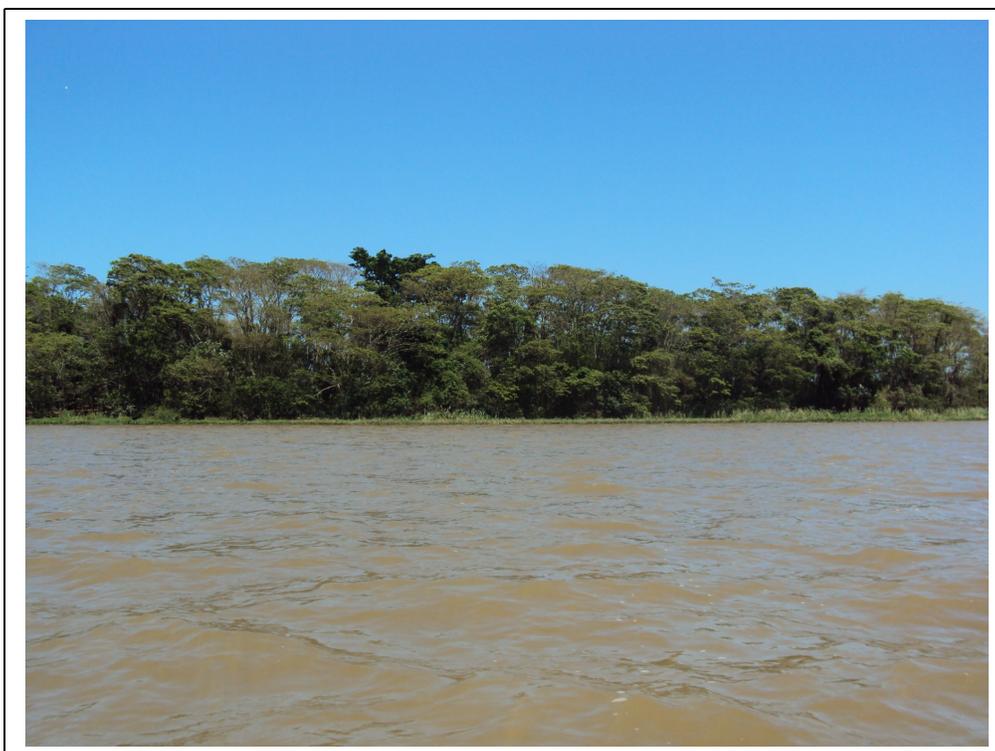


Imagem 7: mata ciliar às margens do reservatório de Rosana (Inajá/PR).



Imagem 8: mata ciliar às margens do reservatório de Rosana (Paranapoema/PR).



Imagem 9: ausência de mata ciliar (Paranapoema/PR).



Imagem 10: recomposição de mata para formação de corredor ecológico, em estágio inicial (Paranapoema/PR).



Imagem 11: plantio de mudas em espaçamento 3x2 metros (Paranapoema/PR).



Imagem 12: roçagem dos corredores entre as fileiras de mudas plantadas (Paranapoema/PR).



Imagem 13: recomposição de mata para formação de corredor ecológico, em estágio intermediário (Paranapoema/PR).



Imagem 14: estagio intermediário de mata replantada (Paranapoema/PR).

2.8 Da qualidade da água - estudos limnológicos

De um modo geral, as águas do Rio Paranapanema são consideradas pouco poluídas (CESP, 1998). No entanto, dados recentes mostram que condições mesotróficas e até mesmo eutróficas são detectadas, principalmente em algumas regiões dos reservatórios do médio curso do rio, em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas na região (Nogueira *et al.*, 2002 a).

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) realiza, anualmente, o monitoramento da qualidade das águas do Rio Paranapanema. Para tanto, utiliza-se de uma série de exames e índices de qualidade, conforme descritos na sequência.

Avaliação da Qualidade de Água pela CETESB

As principais vantagens dos índices de qualidade de águas são a facilidade de comunicação com o público não técnico, o *status* maior do que os parâmetros individuais e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade.

A CETESB utilizou, de 1975 a 2001, o Índice de Qualidade das Águas (IQA), com vistas a servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral. Os parâmetros de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar

a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

A crescente urbanização e industrialização de algumas regiões têm gerado, como consequência, um maior comprometimento da qualidade das águas dos rios e reservatórios, devido, principalmente, à maior complexidade de poluentes que estão sendo lançados no meio ambiente e à deficiência do sistema de coleta e tratamento dos esgotos gerados pela população.

Assim, a partir de 2002, a CETESB tem utilizado índices específicos para os principais usos do recurso hídrico. O uso de um índice numérico global foi considerado inadequado devido à possibilidade de perda de importantes informações, tendo sido proposta a representação conjunta dos três índices:

- a) Águas destinadas para fins de abastecimento público – IAP;
- b) Águas destinadas para a proteção da vida aquática – IVA;
- c) Águas destinadas para o banho – Classificação da Praia.

O IAP, comparado ao IQA, é um índice mais fidedigno da qualidade da água bruta a ser captada, a qual, após tratamento, será distribuída para a população. Do mesmo modo, o IVA foi considerado um indicador mais adequado da qualidade da água visando à proteção da vida aquática, por incorporar, com ponderação mais significativa, parâmetros mais representativos, especialmente a toxicidade e a eutrofização. Observou-se, ainda, que ambos os índices poderão ser aprimorados com o tempo, com a supressão ou inclusão de parâmetros de interesse.

O IAP é o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas), que é composto pelo grupo de substâncias que afetam a qualidade organoléptica da água, bem como de substâncias tóxicas. Assim, o índice será composto por três grupos principais de variáveis, sendo representado pela expressão: $IAP = IQA \times ISTO$.

IQA – Índice de Qualidade das Águas

A partir de um estudo realizado em 1970 pela *National Sanitation Foundation*, dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA, que incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público. O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}, \text{ onde:}$$

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;

w_i: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

, onde

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme Tabela 5:

Tabela 5: avaliação das categorias de IQA.

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: CESTEB (2010).

ISTO – Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas

As variáveis que indicam a presença de substâncias tóxicas e que afetam a qualidade organoléptica são agrupadas de maneira a fornecer o Índice de Substâncias Tóxicas e Organoléptica (ISTO), utilizado para determinar o IAP, a partir do IQA original. Para cada parâmetro incluído no ISTO são estabelecidas curvas de qualidade que atribuem ponderações variando de 0 a 1.

As curvas de qualidade, representadas por meio das variáveis potencial de formação de trihalometanos e metais, foram construídas utilizando-se dois níveis de qualidade (q_i), que associam os valores numéricos 1.0 e 0.5, respectivamente, ao limite inferior (LI) e ao limite superior (LS).

As faixas de variação de qualidade (q_i), que são atribuídas aos valores medidos para o potencial de formação de trihalometanos, para os metais que compõem o ISTO, refletem as seguintes condições de qualidade da água bruta destinada ao abastecimento público:

- Valor medido ≤ LI: águas adequadas para o consumo humano. Atendem aos padrões de potabilidade da Portaria 518/04 do Ministério da Saúde em relação às variáveis avaliadas.
- LI < Valor medido ≤ LS: águas adequadas para tratamento convencional. Atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis determinadas.

- Valor medido > LS: águas que não devem ser submetidas apenas a tratamento convencional. Não atendem aos padrões de qualidade da classe 3 da Resolução CONAMA 357/05 em relação às variáveis avaliadas.

Desta forma, o limite inferior para cada uma dessas variáveis foi considerado como sendo os padrões de potabilidade estabelecidos na Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e para o limite superior foram considerados os padrões de qualidade de água doce Classe 3, da CONAMA 357/05.

Note que para o Cromo a CONAMA 357/05 estabelece um padrão de qualidade igual ao padrão de potabilidade da Portaria 518/04 (0,05 mg/L); portanto optou-se por adotar um nível de concentração para o limite superior que fosse passível de ser removido por meio de tratamento convencional. De acordo com o *Drinking Water and Health*, 1977, o Cromo possui uma taxa de remoção no tratamento convencional variando de 0 a 30%. Aplicando-se uma taxa de remoção média de 15% ao limite inferior, obtém-se um limite superior de 0,059 mg/L. O Zinco também possui um padrão de potabilidade igual ao padrão de qualidade CONAMA 357/05 (5,0 mg/L), também optou-se por adotar um nível de concentração para o limite superior que fosse passível de ser removido por meio de tratamento convencional. Da mesma forma que o Cromo, o *Drinking Water and Health*, 1977, estabelece uma taxa de remoção no tratamento convencional variando de 0 a 30%. Aplicando-se a taxa média de remoção de 15% ao limite inferior, obtém-se um limite superior de 5,9 mg/L. Com relação ao Níquel não existe padrão de potabilidade na Portaria 518/04, sendo utilizada, como referência, a Organização Mundial da Saúde, que estabelece um valor de 0,02 mg/L.

No caso do potencial de formação de THMs foi estabelecida uma equação de regressão linear entre as variáveis de THMs, na água bruta, e trihalometanos, na água tratada. Para isso foram utilizados valores médios de 1997 a 2002, de ambas as variáveis, considerando os mananciais do Guarapiranga, Rio Grande, Cantareira, Baixo Cotia, Alto Cotia e Alto Tietê. Tanto o limite superior quanto o inferior foram obtidos por meio desta equação. O limite superior do potencial foi estimado para a concentração de THMs da Portaria 1469, de 100 µg/L, enquanto que o inferior foi estimado a partir do nível de THMs estabelecido na legislação norte-americana, de 80 µg/L. O limite superior do potencial de formação de THMs forneceu um valor de 461 µg/L e o inferior de 373 µg/L. Na Tabela 6 são relacionados os limites inferiores e superiores adotados para os metais e o potencial de formação de trihalometanos.

Em ambientes lênticos uma característica importante da qualidade da água, para fins de abastecimento público, é a participação da componente biológica (algas). Até 2005, o IAP apresentava essa deficiência de não contemplar, diretamente, essa variável específica na sua avaliação. Com o suporte das novas legislações – Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA 357/05, que estabeleceram padrões de qualidade para o número de células de cianobactérias, decidiu-se pela inclusão dessa variável no grupo do ISTO.

Vários gêneros e espécies de cianobactérias, que formam florações, produzem toxinas. As toxinas de cianobactérias, conhecidas como cianotoxinas, constituem uma grande fonte de produtos naturais tóxicos, podendo ter ação aguda e, eventualmente, até causar a morte por parada respiratória após poucos minutos de exposição

(alcalóides ou organofosforados neurotóxicos) ou atuar de forma crônica, acumulando-se em órgãos como o fígado (peptídeos ou alcalóides hepatotóxicos) (Azevedo, 1998). A Tabela 7 estipula a taxação adotada para o número de células de cianobactérias, baseada nas legislações e dados existentes pelo monitoramento da CETESB.

Tabela 6: limites inf. e sup. para metais e potencial de formação de trihalometanos.

Grupo	Variáveis	Unidade	Limite Inferior	Limite Superior
Tóxicos	Cádmio	mg/L	0,005	0,01
	Chumbo	mg/L	0,033	0,05
	Cromo Total	mg/L	0,05	0,059
	Níquel	mg/L	0,02	0,025
	Mercúrio	mg/L	0,001	0,002
	PFTHM	µg/L	373	461
Organolépticos	Alumínio Dissolvido	mg/L	0,2	2
	Cobre Dissolvido	mg/L	1	4
	Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	5
	Manganês	mg/L	0,1	0,5
	Zinco	mg/L	5	5,9

Fonte: CESTEB (2010).

Tabela 7: taxação para o número de células de cianobactérias.

Níveis	Taxação (q _{NCC})
Nº de células ≤ 20.000	1,00
20.000 < Nº de células ≤ 50.000	0,80
50.000 < Nº de células ≤ 100.000	0,70
100.000 < Nº de células ≤ 200.000	0,60
200.000 < Nº de células ≤ 500.000	0,50
Nº de células > 500.000	0,35

Fonte: CESTEB (2010).

Nos pontos de amostragem situados em ambientes lênticos e utilizados para abastecimento público, o número de células de cianobactérias é uma variável obrigatória para o cálculo do IAP. O número de células de cianobactérias também é obrigatório para o cálculo do IAP em outros corpos lênticos, ou mesmo em rios, nos quais a frequência de análise seja bimestral. Portanto, através das curvas de qualidade determinam-se os valores de qualidade normalizados, q_i (número variando entre 0 e 1), para cada uma das variáveis do ISTO, que estão incluídas ou no grupo de substâncias tóxicas, ou no grupo de organolépticas. A ponderação do grupo de substâncias tóxicas (ST) é obtida através da multiplicação dos dois valores mínimos mais críticos do grupo de variáveis que indicam a presença dessas substâncias na água:

$$ST = \text{Mín-1} (q_{TA}; q_{THMFP}; q_{Cd}; q_{Cr}; q_{Pb}; q_{Ni}; q_{Hg}; q_{NCC},) \times \text{Mín-2} (q_{TA}; q_{THMFP}; q_{Cd}; q_{Cr}; q_{Pb}; q_{Ni}; q_{Hg}; q_{NCC})$$

A ponderação do grupo de substâncias organolépticas (SO) é obtida através da média aritmética das qualidades padronizadas das variáveis pertencentes a este grupo:

$$SO = \text{Média Aritmética } (qAl; qCu; qZn; qFe; qMn)$$

O ISTO é o resultado do produto dos grupos de substâncias tóxicas e as que alteram a qualidade organoléptica da água, pela equação: $ISTO = ST \times SO$.

O IAP completo será designado como sendo aquele que inclui, no grupo de Substâncias Tóxicas (ST) do ISTO, o Teste de Ames e o Potencial de Formação de THM, e será aplicado para todos os pontos da Rede de Monitoramento que são utilizados para abastecimento público. Nos demais pontos, o IAP será calculado excluindo-se tais parâmetros. Parte dos parâmetros do ISTO apresenta frequência semestral, uma vez que os dados históricos dos mesmos retratam concentrações baixas nas águas. Sendo assim, nos meses onde não existem resultados para esses parâmetros, o ISTO será calculado desconsiderando tais ausências.

IVA – Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática

O IVA tem o objetivo de avaliar a qualidade das águas para fins de proteção da fauna e flora em geral, diferenciado, portanto, de um índice para avaliação da água para o consumo humano e recreação de contato primário. O IVA leva em consideração a presença e concentração de contaminantes químicos tóxicos, seu efeito nos organismos aquáticos (toxicidade) e dois dos parâmetros considerados essenciais para a biota (pH e oxigênio dissolvido), parâmetros esses agrupados no IPMCA - Índice de Parâmetros Mínimos para a Preservação da Vida Aquática, bem como o IET - Índice do Estado Trófico de Carlson modificado por Toledo. Desta forma, o IVA fornece informações não só sobre a qualidade da água em termos ecotoxicológicos, como também sobre o seu grau de trofia.

De acordo com as legislações estadual (Regulamento da Lei 997/76, aprovado pelo Decreto Estadual 8468/76) e federal (Resolução CONAMA 20/86), a proteção das comunidades aquáticas está prevista para corpos d'água enquadrados nas classes 1, 2 e 3, sendo, portanto, pertinente a aplicação do IVA somente para esses ambientes. Assim sendo, para os corpos d'água enquadrados na classe 4 não será aplicado o IVA. O índice descreverá cinco classificações de qualidade (Tabela 8):

Tabela 8: avaliação das categorias de IVA.

Categoria	Ponderação
Ótima	$IVA \leq 2,5$
Boa	$2,6 \leq IVA \leq 3,3$
Regular	$3,4 \leq IVA \leq 4,5$
Ruim	$4,6 \leq IVA \leq 6,7$
Péssima	$IVA > 6,8$

Fonte: CESTEB (2010).

O IVA será calculado a partir do IPMCA e do IET: $IVA = (IPMCA \times 1,2) + IET$.

Na ausência do valor do IET, para efeito dos cálculos, o mesmo deverá ser igual à unidade. Se em uma dada amostra não estiverem disponíveis os resultados do teste de toxicidade, mas existirem resultados de oxigênio dissolvido e pH, o IVA será calculado nos seguintes casos:

- Quando não está prevista a realização do teste de toxicidade, e a concentração do oxigênio dissolvido é menor do que 3 mg/L;
- Quando o teste de toxicidade é semestral.

Nesses casos, a ausência de resultados do grupo de Substâncias Tóxicas do IPMCA não implica na inviabilidade do cálculo do IVA.

IPMCA – Índice de parâmetros mínimos para a preservação da vida aquática

O IPMCA é composto por dois grupos de parâmetros:

- Grupo de substâncias tóxicas (cobre, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, níquel, cádmio, surfactantes e fenóis). Neste grupo foram incluídos os parâmetros que são atualmente avaliados pela Rede de Monitoramento de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo, e que identificam o nível de contaminação por substâncias potencialmente danosas às comunidades aquáticas.
- Grupo de parâmetros essenciais (oxigênio dissolvido, pH e toxicidade). Para cada parâmetro incluído no IPMCA são estabelecidos três diferentes níveis de qualidade, com ponderações numéricas de 1 a 3 (Tabelas 9 e 10), e que correspondem a padrões de qualidade de água estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, e padrões preconizados pelas legislações americana (USEPA, 1991) e francesa (*Code Permanent: Environnement et Nuisances*, 1986), as quais estabelecem limites máximos permissíveis de substâncias químicas na água, com o propósito de evitar efeitos de toxicidade crônica e aguda à biota aquática.

Esses níveis refletem as seguintes condições de qualidade de água:

Nível A: águas com características desejáveis para manter a sobrevivência e a reprodução dos organismos aquáticos. Atende aos padrões de qualidade da Resolução CONAMA 20/86 para classes 1 e 2 (ponderação 1) (Brasil, 1986).

Nível B: águas com características desejáveis para a sobrevivência dos organismos aquáticos; porém, a reprodução pode ser afetada a longo prazo (ponderação 2). Limites foram obtidos nas legislações francesas e americanas (*Code Permanent: Environnement et Nuisances*, 1986), (USEPA, 1991).

Nível C: Águas com características que podem comprometer a sobrevivência dos organismos aquáticos (ponderação 3). Limites foram obtidos nas legislações francesas e americanas (*Code Permanent: Environnement et Nuisances*, 1986), (USEPA, 1991).

Dadas as ponderações para os parâmetros determinados em uma amostra de água, o IPMCA é calculado conforme: $IPMCA = PE \times ST$, onde:

- PE: valor da maior ponderação do grupo de parâmetros essenciais;
- ST: valor médio das três maiores ponderações do grupo de substâncias tóxicas. Este valor é um número inteiro e o critério de arredondamento deverá

ser o seguinte: valores menores que 0,5 serão arredondados para baixo e valores maiores ou iguais a 0,5 serão arredondados para cima.

Tabela 9: parâmetros essenciais do IPMCA e suas ponderações, com os 3 níveis de qualidade.

Grupos	Parâmetros	Níveis	Faixa de variação	Ponderação
Parâmetros Essenciais (PE)	OD (mg/L)	A	≥ 5,0	1
		B	3,0 a 5,0	2
		C	< 3,0	3
	pH (Sorensen)	A	6,0 a 9,0	1
		B	5,0 a < 6,0 e > 9,0 a 9,5	2
		C	< 5,0 e > 9,5	3
	Toxicidade	A	Não Tóxico	1
		B	Efeito Crônico	2
		C	Efeito Agudo	3

Fonte: CESTEB (2010).

Tabela 10: parâmetros de ST do IPMCA e suas ponderações, com os três níveis de qualidade.

Grupos	Parâmetros	Níveis	Faixa de variação	Ponderação
Substâncias Tóxicas (ST)	Cádmio (mg/L)	A	≤ 0,001	1
		B	> 0,001 a 0,005	2
		C	> 0,005	3
	Cromo (mg/L)	A	≤ 0,05	1
		B	> 0,05 a 1,00	2
		C	> 1,00	3
	Cobre (mg/L)	A	≤ 0,02	1
		B	> 0,02 a 0,05	2
		C	> 0,05	3
	Chumbo (mg/L)	A	≤ 0,03	1
		B	> 0,03 a 0,08	2
		C	> 0,08	3
	Mercúrio (mg/L)	A	≤ 0,0002	1
		B	> 0,0002 a 0,001	2
		C	> 0,001	3
	Níquel (mg/L)	A	≤ 0,025	1
		B	> 0,025 a 0,160	2
		C	> 0,160	3
	Fenóis (mg/L)	A	≤ 0,001	1
		B	> 0,001 a 0,050	2
		C	> 0,050	3
Surfactantes (mg/L)	A	≤ 0,5	1	
	B	> 0,5 a 1,00	2	
	C	> 1,00	3	
Zinco (mg/L)	A	≤ 0,18	1	
	B	> 0,18 a 1,00	2	
	C	> 1,00	3	

Fonte: CESTEB (2010).

O valor do IPMCA pode variar de 1 a 9, sendo subdividido em quatro faixas de qualidade, classificando as águas para proteção da vida aquática, conforme Tabela 11:

Tabela 11: avaliação das categorias de IPMCA.

Categoria	Ponderação
Boa	1
Regular	2
Ruim	3 e 4
Péssima	≤ 6

Fonte: CESTEB (2010).

IET – Índice do estado trófico

O Índice do Estado Trófico tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Das três variáveis citadas para o cálculo do Índice do Estado Trófico, são aplicadas apenas duas: clorofila a e fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, podendo ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos.

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P) devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas. Assim, o índice médio engloba, de forma satisfatória, a causa e o efeito do processo. Deve-se ter em conta que num corpo hídrico, em que o processo de eutrofização encontra-se plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila a certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo.

Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como a temperatura da água ou a baixa transparência, o índice relativo à clorofila a irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em um nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo. Além disso, caso sejam aplicados algicidas, a consequente diminuição das concentrações de clorofila a resultará em uma redução na classificação obtida a partir do seu índice.

O Índice do Estado Trófico apresentado e utilizado no cálculo do IVA será composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET(PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET(CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

Rios

$$IET (CL) = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln CL)) / \ln 2)) - 20$$

$$IET (PT) = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln PT)) / \ln 2)) - 20$$

Reservatórios

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2))$$

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

onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

Nos meses em que estejam disponíveis dados de ambas variáveis, o resultado apresentado nas tabelas do IET será a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a, segundo a equação: $\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2$.

Na interpretação dos resultados, os pontos serão classificados conforme os resultados obtidos para o IET anual. Assim, para cada ponto serão utilizadas as médias geométricas das concentrações de fósforo total e clorofila a para cálculo do IET(PT) e IET(CL) anual, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila a. Em virtude da variabilidade sazonal dos processos ambientais que têm influência sobre o grau de eutrofização de um corpo hídrico, esse processo pode apresentar variações no decorrer do ano, havendo épocas em que se desenvolve de forma mais intensa e outras em que pode ser mais limitado. Em geral, no início da primavera, com o aumento da temperatura da água, maior disponibilidade de nutrientes e condições propícias de penetração de luz na água, é comum observar-se um incremento do processo, após o período de inverno, em que se mostra menos intenso. Nesse sentido, a determinação do grau de eutrofização médio anual de um corpo hídrico pode não identificar, de forma explícita, as variações que ocorreram ao longo do período anual, assim também serão apresentados os resultados mensais para cada ponto amostral. No caso de não haver resultados para o fósforo total ou para a clorofila a, o índice será calculado com a variável disponível e considerado equivalente ao IET, devendo, apenas, constar uma observação junto ao resultado, informando que apenas uma das variáveis foi utilizada. Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios estão descritos nas Tabelas 12 e 13, enquanto a classificação do IET é apresentada na Tabela 14.

Tabela 12: classificação do estado trófico para rios, índice de Carlson Modificado.

Categoria estado trófico	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m^{-3})	Clorofila a (mg.m^{-3})
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$		$P \leq 13$	$\text{CL} \leq 0,74$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$		$13 < P \leq 35$	$0,74 < \text{CL} \leq 1,31$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$		$35 < P \leq 137$	$1,31 < \text{CL} \leq 2,96$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$		$137 < P \leq 296$	$2,96 < \text{CL} \leq 4,70$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$		$296 < P \leq 640$	$4,70 < \text{CL} \leq 7,46$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$		$640 < P$	$7,46 < \text{CL}$

Fonte: CESTEB (2010).

Tabela 13: classificação do estado trófico para reservatórios, índice de Carlson Modificado.

Categoria estado trófico	Ponderação	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m⁻³)	Clorofila a (mg.m⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Fonte: CESTEB (2010).

Tabela 14: classificação do IET.

Categoria estado trófico	Ponderação
Ultraoligotrófico	0,5
Oligotrófico	1
Mesotrófico	2
Eutrófico	3
Supereutrófico	4
Hipereutrófico	5

Fonte: CESTEB (2010).

Conforme relatórios expedidos pela CESTEB entre os anos de 2002 e 2009 (<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>), adotando a nova sistemática de classificação, os índices apresentados pelo Rio Paranapanema, incluindo-se o reservatório de Rosana, foram os seguintes (Tabela 15):

Tabela 15: índices de qualidade de água do Rio Paranapanema entre 2002/2009.

Ano	IQA	IAP	IVA	IET
2002	Boa	Boa	Boa	Oligotrófico
2003	Ótima	Boa	Boa	Oligotrófico
2004	Ótima	Ótima	Boa	Oligotrófico
2005	Ótima	Boa	Boa	Oligotrófico
2006	Ótima	Ótima	Boa	Oligotrófico
2007	Ótima	Ótima	Regular	Mesotrófico
2008	Ótima	Ótima	Ótima	Oligotrófico
2009	Ótima	Boa	Boa	Oligotrófico

Fonte: CESTEB (2010).

Avaliação da Qualidade de Água pela Duke Energy – Geração Paranapanema

Paralelamente, a empresa Duke Energy – Geração Paranapanema promoveu monitoramentos nos anos de 2000, 2004, 2005 e 2009, por meio de estudos limnológicos do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana, constantes do Relatório de Implantação de Programas Ambientais – RIPA, 2009, onde foram analisados 19 parâmetros, obtendo-se valores satisfatórios em consonância com a Resolução CONAMA 357/05.

Avaliação da Qualidade de Água pelo Perito Judicial

No dia 22 de novembro de 2010 o perito judicial coletou amostras de água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana, em duas regiões distintas (entre os municípios de Jardim Olinda e Paranapoema, e entre os municípios de Paranapoema e Jardim Olinda), a fim de também verificar a qualidade da água deste reservatório. As amostras foram encaminhadas ao laboratório do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), Escritório Regional de Londrina, órgão ambiental oficial do Estado do Paraná, sendo pesquisados 21 (vinte e um) parâmetros em cada amostra, quais sejam:

- Cloreto;
- Condutividade;
- Cor;
- DBO 5 dias;
- Dureza total;
- Ferro total;
- Fluoreto;
- Nitrato;
- Nitrito;
- Sílica solúvel;
- Sódio;
- Sólidos dissolvidos;
- Sólidos suspensos;
- Sulfato;
- Turbidez;
- Fósforo total;
- Nitrogênio amoniacal;
- Nitrogênio total Kjeldahl
- Coliforme total;
- Escherichia coli;
- pH.

O IAP elaborou os Relatórios de Ensaio n°s 5558/2010, 5559/2010, 5560/2010 e 5561/2010. Analisando-se estes resultados, observa-se que os valores obtidos encontram-se dentro dos limites legais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

Considerando-se o monitoramento realizado pela CETESB entre os anos de 2002/2009, os exames realizados por esse perito judicial em 2010 e os monitoramentos realizados pela empresa Duke Energy nos anos de 2000, 2004, 2005 e 2009, todos apresentando resultados satisfatórios para a qualidade da água, conclui-se que a formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana não alterou significativamente a qualidade da água do Rio Paranapanema, no trecho em análise, a qual permanece atendendo os limites legais estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05.

2.9 Dos programas e licenciamentos ambientais

O órgão federal responsável pelo licenciamento da Usina Hidrelétrica de Rosana é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. O início da construção desta usina foi em 1980, sendo que as operações foram iniciadas em 1987. Assim, o empreendimento é anterior à expedição da Resolução CONAMA 001/86, que dispõe sobre os critérios básicos e as diretrizes gerais para a elaboração de Relatório de Impacto Ambiental. Nestas condições, a UHE de Rosana seguiu o processo de regularização ambiental estabelecido pela Resolução CONAMA 006/87, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente as do setor de geração de energia elétrica. O art. 12, §§ 4º e 5º, da Resolução CONAMA 006/87, determina:

Art. 12 - O disposto nesta Resolução será aplicado, considerando-se as etapas de planejamento ou de execução em que se encontra o empreendimento.

(...)

§ 4º - Para o empreendimento que entrou em operação a partir de 1º de fevereiro de 1986, sua regularização se dará pela obtenção da LO, para a qual será necessária a apresentação de RIMA contendo, no mínimo, as seguintes informações: descrição do empreendimento; impactos ambientais positivos e negativos provocados em sua área de influência; descrição das medidas de proteção ambiental e mitigadoras dos impactos ambientais negativos adotados ou em vias de adoção, além de outros estudos ambientais já realizados pela concessionária.

§ 5º - Para o empreendimento que entrou em operação anteriormente a 1º de fevereiro de 1986, sua regularização se dará pela obtenção da LO sem a necessidade de apresentação de RIMA, mas com a concessionária encaminhando ao(s) órgão(s) estadual(ais) a descrição geral do empreendimento; a descrição do impacto ambiental provocado e as medidas de proteção adotadas ou em vias de adoção.

Muito embora a UHE Rosana tenha entrado em operação no mês de março de 1987, o que levaria ao enquadramento rígido no §4º, a aprovação da Resolução CONAMA 006/87 só ocorreu no dia 16 de setembro de 1987. Assim, muito embora fosse necessária a elaboração de EIA/RIMA, não havia mais condições técnicas para fazê-lo, uma vez que a usina já se encontrava em operação quando da aprovação da CONAMA 006/87. Nestas condições, o IBAMA dispensou a apresentação deste documento.

O licenciamento foi iniciado por meio do Processo nº 02001.003587/99-92, sendo que no dia 17 de novembro de 2003 foi obtida a Licença de Operação (LO) 356/03, com validade para 4 anos. Como condicionante desta LO, o IBAMA determinou que fosse apresentado um Plano de Gestão Ambiental (PGA), constando a descrição para implantação de Programas Ambientais e Sociais. Assim, o Plano de Gestão Ambiental foi apresentado ao IBAMA no mês de fevereiro de 2004, sendo aprovado no dia 23 de setembro do mesmo ano pela correspondência nº 830. Posteriormente, no ano de 2005, foi apresentado o Relatório de Implantação de Programas Ambientais – RIPA, referindo-se ao monitoramento do segundo ano de implantação dos 17 programas definidos, quais sejam:

- Programa de monitoramento do assoreamento no corpo principal do reservatório de Rosana;
- Programa de monitoramento das margens com solapamentos;
- Programa de estudos das áreas de jusante da barragem;
- Programa de recuperação do canteiro de obras;
- Programa de monitoramento hidrogeológico;
- Programa de monitoramento sísmológico;
- Programa de monitoramento de erosões;
- Programa de regulamentação e disciplinamento do uso e ocupação do solo;
- Programa de comunicação social e educação ambiental;
- Programa de recomposição florestal;
- Programa de acompanhamento de endemias de veiculação hídrica;
- Programa de monitoramento da fauna;
- Programa de diagnose ambiental do reflorestamento – margem direita;
- Programa de qualidade da água – estudo limnológico do reservatório da UHE Rosana como um sistema multi-compartimental;
- Programa de manejo e conservação da ictiofauna;
 - Subprograma de monitoramento da ictiofauna e de avaliação da importância de tributários para manutenção da diversidade de peixes;
 - Subprograma de repovoamento do reservatório com espécies nativas;
 - Subprograma de salvamento de peixes;
- Programa de monitoramento de macrófitas aquáticas;
- Programa de mitigação sócio ambiental a municípios.

Na sequência, foram apresentados diversos relatórios anuais e resultados pertinentes aos programas que estavam sendo desenvolvidos, devidamente constantes nos autos em apreço. O último Relatório de Implantação de Programas Ambientais – RIPA, 2009, datado do mês de março de 2010, e que apresenta a posição mais atual da situação dos programas ambientais. Os programas constantes do RIPA 2009 são os seguintes:

- Programa de monitoramento do assoreamento no corpo do reservatório;
- Programa de monitoramento das margens com solapamentos;

- Programa de estudos das áreas de jusante da barragem;
- Programa de recuperação do canteiro de obras;
- Programa de monitoramento hidrogeológico;
- Programa de monitoramento sísmológico;
- Programa de monitoramento de erosões;
- Programa de regulamentação e disciplinamento do uso e ocupação do solo;
- Programa de comunicação social e educação ambiental;
- Programa de recomposição florestal;
 - Subprograma de corredores ecológicos florestais nos Estados de São Paulo e Paraná;
 - Subprograma de recomposição / proteção florestal – JOPI;
- Programa de acompanhamento de endemias de veiculação hídrica;
- Programa de monitoramento da fauna;
- Programa de diagnose ambiental do reflorestamento – margem direita da UHE Rosana;
- Programa de qualidade da água – estudo limnológico do reservatório da UHE Rosana como um sistema multi-compartimental;
- Programa de manejo e conservação da ictiofauna;
 - Subprograma de monitoramento da ictiofauna e de avaliação da importância de tributários para manutenção da diversidade de peixes;
 - Subprograma repovoamento do reservatório com espécies nativas;
 - Subprograma salvamento de peixes;
 - Subprograma monitoramento do mexilhão dourado;
 - Subprograma de controle do mexilhão dourado na usina hidrelétrica;
- Programa de monitoramento de macrófitas aquáticas;
- Programa de mitigação sócio ambiental a municípios.

Em julho de 2007 foi apresentado um Relatório Ambiental para Renovação da Licença de Operação 356/2003, sendo protocolizado no IBAMA Brasília no dia 15 de agosto de 2007. No dia 16 de novembro de 2010 o órgão ambiental federal emitiu a primeira renovação da Licença de Operação 356/2003, com validade por 6 (seis) anos (<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/index.php>).

Assim, entende o perito judicial, com base nos relatórios ambientais contidos nos autos, nas análises de campo realizadas e no estudo da documentação pertinente, que os programas ambientais desenvolvidos pela empresa Duke Energy – Geração Paranapanema, no que se refere ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana, encontram-se em desenvolvimento normal e satisfatório, conforme exigido, fiscalizado e aprovado pelo IBAMA, situação esta que resultou na Renovação da Licença Operacional 356/2003, ocorrida no dia 16 de novembro de 2010.

2.10 Das definições de danos e impactos ambientais

Uma das dúvidas existentes no processo é sobre a ocorrência de danos e de impactos ambientais. Torna-se necessário, portanto, uma definição prévia de cada um destes elementos.

Dano Ambiental

Não se encontra, no ordenamento jurídico brasileiro, uma definição expressa do termo *dano ambiental*, pois a legislação ambiental utiliza as seguintes expressões: poluidor, degradação ambiental e poluição. A Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelece, no seu artigo 3º, inciso IV, que poluidor “*é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental*”. Ainda, conceitua a degradação ambiental como a “*alteração adversa das características do meio ambiente*” (inciso II, do artigo 3º, da citada lei). Assim sendo, é importante mencionar a definição legal de poluição prevista no inciso III do mesmo artigo:

Art. 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

(...)

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;*
- c) afetem desfavoravelmente a biota;*
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;*
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;*

Como se vê, a legislação define poluidor como a pessoa (física ou jurídica) causadora da degradação ambiental. Por conseguinte, poluidor é o degradador ambiental ou a pessoa que altera adversamente as características do ambiente. O tratamento legal atribuído a esses conceitos jurídicos (poluidor, poluição e degradação ambiental) dá ensejo à afirmação de que a poluição não está restrita à alteração do meio natural; portanto, o meio ambiente a ser considerado pode ser tanto o natural quanto o cultural e o artificial.

Se a legislação ambiental fornece apenas elementos indicativos da definição de dano ambiental, a doutrina tem um estudo mais específico e profundo em relação ao tema, especialmente sobre sua caracterização. O dano ambiental pode ser definido como “*a lesão aos recursos ambientais, com a conseqüente degradação - alteração adversa ou in pejus - do equilíbrio ecológico e da qualidade ambiental*” (Milaré, 2001). Assim, a definição de dano ambiental abrange qualquer lesão ao bem jurídico - *meio ambiente* -, causada por atividades ou condutas de pessoas físicas ou jurídicas.

O dano ambiental apresenta características diferentes do dano tradicional, principalmente porque é considerado bem de uso comum do povo, incorpóreo, imaterial, autônomo e insuscetível de apropriação exclusiva. Trata-se, aqui, de direitos

difusos, em que o indivíduo tem o direito de usufruir o bem ambiental e também tem o dever de preservá-lo às presentes e futuras gerações.

Nesta perspectiva, o dano ao meio ambiente apresenta certas especificidades em relação aos danos não ecológicos. Primeiro, porque as consequências decorrentes da lesão ambiental são, via de regra, irreversíveis, podendo ter seus efeitos expandidos para além da delimitação territorial de um Estado. Segundo, porque a limitação de sua extensão e a quantificação do *quantum* reparatório é uma tarefa complexa e difícil, justamente em função do caráter difuso, transfronteiriço e irreversível dos danos ambientais.

Dano ambiental pode ser, ainda, o prejuízo (uma alteração negativa da situação jurídica, material ou moral) causado a alguém por um terceiro que se vê obrigado ao ressarcimento (Antunes, 2002). O dano ambiental apresenta-se como um fenômeno físico-material e também pode integrar um fato jurídico qualificado por uma norma e sua inobservância, e somente pode cogitar-se de um dano se a conduta for considerada injurídica no respectivo ordenamento legal. Resumindo, sempre deve haver uma norma que proíba certa atividade ou proteja determinado bem ecológico (Bandeira, 2002).

A Lei 6.938/81, em seu artigo 14, §1º, prevê expressamente duas modalidades de dano ambiental ao referir-se a “danos causados ao meio ambiente e a terceiros” (Milaré, 2001):

- Dano ambiental coletivo, dano ambiental em sentido estrito ou dano ambiental propriamente dito: causado ao meio ambiente globalmente considerado, em sua concepção difusa, como patrimônio coletivo, atingindo um número indefinido de pessoas, sempre devendo ser cobrado por Ação Civil Pública ou Ação Popular.
- Dano ambiental individual ou pessoal: viola interesses pessoais, legitimando os lesados a uma reparação pelo prejuízo patrimonial ou extrapatrimonial. Podem ser ajuizadas ações individuais, de maneira independente, não havendo efeito de coisa julgada entre a ação individual e a coletiva. São casos típicos desse tipo de dano problemas de saúde pessoal por emissão de gases e partículas em suspensão ou ruídos, a infertilidade do solo de um terreno privado por poluição do lençol freático, doença e morte de gado por envenenamento da pastagem por resíduos tóxicos.

Impacto Ambiental

Segundo o artigo 1º da Resolução 001/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Impacto Ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente:

- *A saúde, a segurança, e o bem estar da população;*
- *As atividades sociais e econômicas;*
- *A biota;*
- *As condições estéticas e sanitárias ambientais;*
- *A qualidade dos recursos ambientais.*

Portanto, a definição de Impacto Ambiental está associada à alteração ou efeito ambiental considerado significativo por meio da avaliação do projeto de um determinado empreendimento, podendo ser negativo ou positivo. Como classificação, os impactos ambientais podem ser, conforme o manual de orientação para elaboração do EIA/RIMA, da Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo:

- Diretos e indiretos;
- Temporários e permanentes;
- Imediatos e a médio e longo prazo;
- Reversíveis e irreversíveis;
- Benéficos (positivos) e adversos (negativos);
- Locais, regionais e estratégicos.

Impacto ambiental pode ser resumido globalmente como sendo todas as ações do homem que de certa forma acaba interferindo no meio ambiente causando alterações tanto negativas quanto positivas (Sánchez, 2006). Em outras palavras, o impacto ambiental é o resultado ocasionado por qualquer alteração no meio ambiente, benéfica ou adversa, decorrente de atividades humanas ou naturais. A definição de impacto ambiental é necessariamente abrangente, uma vez que deve abarcar as alterações, principalmente as significativas, incidentes sobre o meio ambiente natural, artificial, cultural e, também, do trabalho.

Assim, no caso em estudo, de acordo com as definições expostas, estamos diante de impactos ambientais (positivos e negativos) decorrentes da formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana, e não de danos ambientais. Conforme visto no tópico anterior, o órgão ambiental responsável pelo licenciamento (IBAMA) renovou, no dia 16 de novembro de 2010, a Licença de Operação 356/2003, da UHE Rosana, entendendo que os impactos negativos produzidos estão sendo adequadamente mitigados pela execução dos programas ambientais desenvolvidos pela empresa Duke Energy – Geração Paranapanema, previamente apresentados àquele órgão ambiental. Ademais, foram requisitados documentos técnicos às partes e aos órgãos ambientais competentes, solicitando informações sobre possíveis ocorrências de danos ambientais decorrentes da formação do reservatório de Rosana, sendo que nenhum documento científico foi apresentado. Promovida a uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, também nada foi encontrado com referência à ocorrência de danos, mas, sim, de impactos ambientais negativos, já devidamente contemplados nos relatórios ambientais apresentados ao órgão ambiental licenciador.

Desta forma, entende o perito judicial que estamos diante de impactos ambientais negativos e positivos, não sendo contemplada ou constatada a ocorrência de nenhum dano ambiental decorrente da formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana.

2.11 Das eclusas

Uma eclusa é uma obra de engenharia hidráulica que permite que barcos e navios subam ou desçam os rios ou mares em locais onde há desníveis (barragens, quedas d'água ou corredeiras). As eclusas funcionam como degraus ou elevadores para navios, tendo como objetivo permitir a navegação ao longo do rio (Imagem 15).

Quando a embarcação precisa subir o rio ela entra pela comporta da eclusa à jusante e fica no reservatório (ou caldeira), que é, então, enchido com água, elevando a embarcação para que possa atingir o nível mais alto, à montante. Quando a embarcação precisa descer o rio ela entra pela comporta da eclusa a montante e permanece no reservatório enquanto ele é esvaziado, descendo a embarcação até o nível mais baixo do rio. Por exemplo, a sequência de operações para descer o navio é a seguinte: (i) as comportas abrem-se para a entrada do navio, sendo que a água está ao mesmo nível do lado do navio; (ii) após a entrada, a câmara da eclusa será esvaziada e o navio estará ao nível das águas da comporta ao fundo.

Assim, justifica-se a construção de eclusas quando o rio, antes da formação do reservatório, apresenta transporte fluvial no sentido longitudinal, uma vez que o transporte no sentido transversal não fica impedido pela formação do reservatório. O histórico do Rio Paranapanema informa que, em 1886, a expedição de Teodoro Sampaio já constatou que este rio não era navegável. Esta situação decorre do fato do Rio Paranapanema apresentar, via de regra, pouca profundidade, leito rochoso, com várias pedras soltas (mesmo após a formação dos reservatórios). Além disso, apresentava, ao longo de sua extensão, e antes da formação dos reservatórios, diversas quedas d'água, o que inviabilizava a navegação longitudinal.

Ademais, foram solicitadas informações, aos Municípios Autores, sobre a existência passada e presente de terminais hidro-portuários para o transporte de cargas e/ou de passageiros, bem como a quantidade e a localização de cada um deles. Todavia, não houve qualquer tipo de resposta por parte dos Requerentes. Promovida a uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, não se encontraram informações técnicas sobre a utilização do Rio Paranapanema, antes da formação do lago, para transporte fluvial no sentido longitudinal. Constatou-se, apenas, a utilização de transporte no sentido transversal, por meio de balsas, entre os municípios de Euclides da Cunha (SP) e Terra Rica (PR), transporte este mantido após a formação do reservatório de Rosana.

Assim, entende o perito judicial que o Rio Paranapanema, mesmo após a formação do reservatório de Rosana, pelos argumentos anteriormente expostos, não possibilita o transporte fluvial de grandes embarcações no sentido longitudinal, motivo pelo qual não se indica a construção de eclusas no caso em estudo.



Imagem 15: eclusa do reservatório da UHE de Tucuruí, no Estado do Pará (Rio Tocantins).

2.12 Das características sócio-econômicas dos municípios Requerentes

Os Requerentes alegam que em virtude da formação do reservatório de Rosana houve um êxodo populacional nos três municípios, fato este que, aliado à redução de área dos municípios, acarretou em uma redução na arrecadação de tributos. Inicialmente torna-se necessário apresentar um historio da formação dos três municípios Requerentes, da forma como segue:

Inajá

Conforme quase a totalidade das cidades localizadas na zona fisiográfica do noroeste paranaense, Inajá teve origem num patrimônio planejado e formado pela Companhia Terras Norte do Paraná, hoje Companhia Melhoramentos Norte do Paraná. Depois de haver fundado várias cidades e núcleos populacionais, desbravando e povoando o setentrião paranaense, a Companhia de Melhoramentos Norte do Paraná mandou medir e demarcar, em junho de 1952, a área onde surgiu o Patrimônio de Inajá. Posteriormente, de acordo com a Lei Estadual 106, de 13 de junho de 1955, Inajá foi elevado à categoria de Distrito, pertencente ao município de Nova Esperança. Em 25 de janeiro de 1961 (Lei Estadual 4.338) ascendeu à categoria de município, instalando-se oficialmente no dia 15 de novembro de 1961.

Jardim Olinda

No dia 02 de setembro de 1952 foi despachado pelo Governador do Estado o título de domínio pleno de terras em favor de José de Almeida Leme do Prado Neto, situadas na margem esquerda do Rio Pirapó, ainda distrito de Paranavaí, Comarca de Mandaguari. No dia 16 de outubro de 1956 a planta da referida área foi despachada pela Prefeitura Municipal de Paranaity, surgindo oficialmente Jardim Olinda. Posteriormente, pela Lei 99, de 22 de novembro de 1960, Jardim Olinda, foi elevado à categoria de Distrito. No dia 06 de março de 1964, pela Lei 4.844, foi criado o Município

de Jardim Olinda, conforme a publicação no Diário Oficial de 07 de março de 1964. A instalação do Município deu-se a 11 de dezembro 1964.

Paranapoema

Em 1953 foi criado o Distrito Administrativo de Paranapoema. A Lei Estadual 4.844, de 06 de março de 1964, criou o município de Paranapoema, com território desmembrado de Paracity. A instalação ocorreu no dia 11 de dezembro de 1964.

Como visto, trata-se de municípios novos, fundados na década de 50. Assim, foram solicitadas informações, por duas vezes, aos Autores, sobre dados populacionais e receitas tributárias, antes e depois da formação do reservatório de Rosana. Todavia, não houve qualquer tipo de resposta por parte dos Requerentes.

Com relação à evolução populacional, mesmo não havendo resposta dos Requerentes, foi possível realizar uma pesquisa satisfatória da evolução populacional dos municípios. Com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) observa-se que entre 1980 a 1991 a população total desses municípios teve crescimento de 6%, passando de 6150 residentes em 1980 (antes da formação do reservatório) para 6502 residentes em 1991 (após a formação do reservatório). Nestas condições, não se observou o êxodo alegado pelos Requerentes quando da formação do reservatório de Rosana. A Tabela 16 apresenta a evolução populacional destes municípios nos últimos 30 anos (entre os anos de 1980 e 2010).

Tabela 16: evolução populacional nos municípios Requerentes entre 1980 e 2010.

Município / Ano	1980	1991	1996	2000	2007	2010
Inajá	2485	2642	2718	2915	2810	2988
Jardim Olinda	1320	1405	1243	1523	1461	1409
Paranapoema	2345	2455	2471	2393	2656	2791
Somatório	6150	6502	6432	6831	6927	7188

Fonte: IBGE, 2010 (<http://www.ibge.gov.br/>).

Já com relação às perdas de receitas tributárias alegadas pelos Requerentes, os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não permitem uma análise desta natureza, uma vez que não há informações anuais de cada município, especialmente nos períodos anteriores e posteriores à formação do reservatório de Rosana. Trata-se de informações existentes nas Secretarias da Fazenda de cada município, mas que não foram disponibilizadas ao perito judicial.

Assim, não foi possível verificar se houve algum tipo de perda de receita tributária em decorrência da formação do reservatório de Rosana, muito embora não tenha ocorrido o êxodo populacional alegado pelos Requerentes (e que seria a causa principal da redução de receita tributária) e tenha sido instituída e paga, mensalmente, a CFURH – Contribuição Financeira pela Utilização dos Recursos Hídricos, conforme visto no subitem 2.4.

3 DAS CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em virtude dos exames realizados e anteriormente descritos, o perito conclui que efetivamente ocorreram impactos positivos e negativos decorrentes da formação do reservatório da Usina Hidrelétrica de Rosana. A mitigação dos impactos negativos vem sendo executada pela empresa Duke Energy – Geração Paranapanema, sendo os resultados analisados e monitorados pelo órgão ambiental licenciador (IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Todas as análises realizadas no decurso dessa prova pericial indicam que há conformidade entre o que foi requisitado para a concessão das licenças ambientais e o efetivamente executado pela empresa concessionária.

Considerando-se a vulnerabilidade dos ecossistemas envolvidos, em especial pela facilidade de alteração das situações ora examinadas, o perito recomenda que o monitoramento dos parâmetros ambientais descritos nesse laudo pericial seja frequente e permanente, assim como o acompanhamento de todas as atividades mitigadoras previstas para concessão da licença de operação, em especial àquelas descritas no Plano de Gestão Ambiental (PGA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **O suporte geológico das florestas beiradeiras (ciliares)**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed) Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: Edusp, p.15-25. 2001.

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS. **Soltura de peixes nos rios do Paraná**. Disponível em: <http://www.agenciadenoticias.pr.gov.br>.

AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C.; PELICICE, F.M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: EDUM, 2007. 500p.

AGOSTINHO, A.A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. **Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil**. Megadiversidade, v.1, p.70-78, 2005.

ALMEIDA, F.S.; SODRÉ, L.M.K.; CONTEL, E.P.B. **Population structure analysis of *Pimelodus maculatus* (pisces, siluriformes) from the Tietê and Paranapanema rivers (Brazil)**. Genetics and Molecular Biology, v.26, p.301-305, 2003.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito ambiental**. 4. ed., ver., ampl. e atualiz. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2000

ARCIFA, M.S.; GOMES, E.A.T. & MESCHIATTI, A.J.C. 1992. **Composition and fluctuations of the zooplankton of a tropical Brazilian reservoir**. Arch. Hydrobiol., 123(4): 479-495.

BARBOSA, L. M. **Vegetação ciliar, conceitos e informações práticas para conhecer e recuperar trechos degradados**. Caderno de Pesquisa. Ser. bot., UNISC, RS, v. 5, n. 1, p. 3-36. 1993.

BORGHI, W.A.; MARTINS, S.S.; DEL QUIQUI, E.M.; NANNI, M.R. 2004. **Caracterização e avaliação da mata ciliar à montante da hidrelétrica de Rosana, na estação ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, PR.** Caderno Biodiversidade. v.4, n.2.

BRANDÃO, H. 2007. **A ictiofauna da represa de Salto Grande (médio rio Paranapanema - SP/PR): composição, estrutura e atributos ecológicos.** Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 63p.

BRITTO, S.G.C.; CARVALHO, E.D. 2006. **Ecological attributes of fish fauna in the Taquaruçu reservoir, Paranapanema River (upper Paraná, Brazil): composition and spatial distribution.** Acta Limnol. Bras., 18: 377-388.

BRITTO, S.G.C.; SIROL, R.N.; VIANNA, N.C.; JARDIM, S.M.; SANTOS, J.C.; PELISARI, E. **Peixes do rio Paranapanema.** São Paulo: Duke Energy, 2008. 120p.

BRITTO, Y.C.T. 2003. **Associações de cladocera (crustacea branchiopoda) do sistema de reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP-PR).** Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 180p.

CARVALHO, E.D.; SILVA, V.F.B. 1999. **Aspectos ecológicos da ictiofauna e da produção pesqueira do reservatório de Jurumirim (alto Paranapanema).** In.: Henry, R. (ed.). Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Fapesp/Fundibio, pp. 769-800.

CARVALHO, E.D. **Ações antrópicas e a biodiversidade de peixes: status da represa de Jurumirim (alto Paranapanema).** 2009. 87f. Tese (Livre-docência - Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, AC: Zoologia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

CARVALHO, E.D.; SILVA, V.F.B.; FUJIHARA, Y.C.; FORESTI, F. **Diversity of fish species in the river Paranapanema – Jurumirim reservoir transition region (São Paulo, Brazil).** Ital. Jour. Zool. 65:325-330, 1998.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira.** EMBRAPA – CNPP; Brasília, EMBRAPA – SPI, 1994. 640p.

CASTRO, R.J. **Caracterização da ictiofauna na zona de transição entre o rio dos veados e a represa de Jurumirim (alto do rio Paranapanema, SP): ocorrência e distribuição das espécies.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) Botucatu, UNESP, 87p., 1999.

CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L.; SANTOS, H.F.; FERREIRA, K.M.; RIBEIRO, A.C.; BENINE, R.C.; DARDIS, G.Z.P.; MELO, A.L.A.; STOPIGLIA, R.; ABREU, T.X.; BOCKMANN, F.A.; CARVALHO, M.; GIBRAN, F.Z.; LIMA, F.C.T. **Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do rio Paranapanema, sudeste e sul do Brasil.** <http://www.biotaneotropica.org.br>.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. **Conservação e manejo nos reservatórios: limnologia, ictiologia e pesca.** 1998. São Paulo: Cesp, 166p. (Série Divulgação e Informação).

DUKE ENERGY. **Meio ambiente**. Disponível em: <http://www.duke-energy.com.br/PT/Meioambiente>.

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. 2a ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 602p.

FEITOSA, M.F., NOGUEIRA, M.G.; VIANNA, N.C. 2006. **Transporte de nutrientes e sedimentos no rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chuvosa**. In: Nogueira, M.G.; Henry, R.; Jorcín, A. (eds.). *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: Rimal, pp. 435-459.

FELISBERTO, S.A.; RODRIGUES, L. 2005. **Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil**. *Acta Sci. Biol. Sci.*, 27(3): 215-223.

FERRAREZE, M.; Nogueira, M.G. 2006. **Phytoplankton assemblages and limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema basin (southeast Brazil)**. *Acta Limnol. Bras.*, 18: 1-16.

GRALHÓZ, G. 2005. **Associações de cladocera (crustacea branchiopoda) e fatores limnológicos em áreas de várzea do rio Paranapanema (SP-PR)**. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 273p.

HENRY, R.; NOGUEIRA, M.N. **A represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limnológico**. In: HENRY, R. (Ed.), *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Fundibio/Fapesp, Botucatu, p. 651-686, 1999.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. Londrina, 1994. 49 p.

IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. (Série Manuais Técnicos em Geociência n.1).

JORCIN, A.; NOGUEIRA, M.G. 2005 (a). **Temporal and spatial patterns along the cascade of reservoirs in the Paranapanema river (SE Brazil) based on the characteristics of sediment and sediment-water interface**. *Lakes & Reservoirs – Research and Management*, 10:1-12.

JORCIN, A.; NOGUEIRA, M.G. 2005 (b). **Phosphate distribution in the sediments along a cascade of reservoirs (Paranapanema river, SE, Brazil)**. Special issue of *Hydrobiologia* for the proceedings of the 4th International Symposium of Phosphate in Sediment, The Netherlands, pp. 77-86.

KELMAN, J.; PEREIRA, M.V.; ARARIPE-NETO, T.A.; SALES, P.R. de H. 1999. **Hidreletrecidade**. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B. & Tundisi, J.G. (eds.). *Águas doces no Brasil*. São Paulo: Escrituras Editora, pp. 371-418.

KRELL, Andreas Joachim. **Concretização do dano ambiental. Objeções à teoria do “risco integral”**. Disponível em (<http://www1.jus.com.br/doutrina/texto.asp?id=1720>).

- KUDO, F.A.; JORCIN, A.; NOGUEIRA, M.G. 2006. **Composição e distribuição da comunidade zoobentônica em áreas de várzea do rio Paranapanema (SP/PR)**. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcin, A. (eds.). Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, Ações de manejo e Sistemas em Cascata. São Carlos: Rima, pp. 379-416.
- LANSAC-TÔHA, F.A.; BONECKER, C.C.; VELHO, L.F.M. 2005. **Estrutura da comunidade zooplânctônica em reservatórios**. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. (eds.). Biocenoses em Reservatórios: Padrões Espaciais e Temporais. São Carlos: Rima, pp. 115-127.
- LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, p.235-247. 2001.
- LEUZZI, M.S.P.; ALMEIDA, F.S.; ORSI, M.L.; SODRÉ, M.L.K. **Analysis by RAPD of the genetic structure of *Astyanax altiparanae* (Pisces, Characiformes) in reservoirs of the River Paranapanema**. Genetics and Molecular Biology, v.27, p.355-362, 2004.
- LOPES, C.M.; ALMEIDA, F.S.; ORSI, M.L.; BRITTO, S.G.C.; SIROL, R.N.; SODRÉ, L.M.K. **Fish passage ladders from CanoasComplex – Paranapanema river: evaluation of genetic structure maintenance of *salminus brasiliensis* (teleostei: characiformes)**. Neotropical Ichthyology, v.5, p.131-138, 2007.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba; Banco Desenvolvimento do Paraná; UFPR; Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, 1968.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 9. ed., rev., ampl. e atualiz. São Paulo: Malheiros Editores, 2001.
- MARCUS, L.R. **A ictiofauna de uma lagoa marginal na região de transição rio Paranapanema / represa de Jurumirim, SP**. 2000. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas: AC: Zoologia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- MARQUELLI, M.H.; EMERIC, R.H.S.; CAVALCANTI, C.G.B; RUTKOWSKI, E.; SALES, M.E.C.; SEGUNDO, S.M.A.; FORATTINI, G.D.; PERA, R.H.; CASTRO, I. de. 1988. **Bases para um manejo racional de reservatórios**. In: Tundisi, J. G. (ed.). Limnologia e manejo de represas. Academia de Ciências, pp. 225-287.
- MARTIN, R.L.; BRANDÃO, H.; RAMOS, I.P.; OLIVEIRA, C.; CARVALHO, E.D. 2010. **Os peixes da represa de Jurumirim (alto rio Paranapanema, SP): composição de espécies**. Campus Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Aprenda Fácil Editora. Viçosa – MG, 2001. 146p.
- MATSUMURA-TUNDISI, T. 1999. **Diversidade de zooplâncton em represas do Brasil**. In: Henry, R. (ed.). Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais. Botucatu: Fapesp/Fundibio, pp. 39-54.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K.; CLARO, S.M. 1981. **Limnological studies at 23 reservoirs in southern Brazil**. Verh. Inter. Ver. Limnol., 21: 1040-1047.

MILARÉ, Edis. **Direito Ambiental. Doutrina, prática, jurisprudência**. 2. ed., rev., ampl. e atualiz. São Paulo: RT, 2001

NEVES, G.P. 2008. **Efeitos do tempo de residência, morfometria e estado trófico sobre assembléias de microcrustáceos (cladocera e copepoda) dos reservatórios de Chavantes e Salto Grande (rio Paranapanema, SP/PR)**. Dissertação. Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 250p.

NOGUEIRA, M.G.; JORCIN, A.; VIANNA, N.C.; BRITTO, Y.C.T. 2002 (a). **Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP-PR)**, Brasil. In: Cirelli, A. & Marquisa, G. (eds.). El Agua en Iberoamerica, de La limnologia a la gestión en Sudamerica, Argentina. Cytel. pp. 91-106.

NOGUEIRA, M.G.; VIANNA, N.C.; JORCIN, A.; BRITTO, Y.C.T. 2001. **Limnologia comparada de 8 reservatórios em cascata no rio Paranapanema (SP-PR)**, Brasil. Seminário internacional Gestión Ambiental e Hidroelectricidad. Argentina, pp. 1-20.

NOGUEIRA, M.G.; JORCIN, A. 2006. **Contaminação dos sedimentos na bacia do rio Paranapanema (sudeste, Brasil) por pesticidas sintéticos e metais e sua relação com os processos de eutrofização**. In: Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T. & Galli, C.S. (eds.). Eutrofização na América do Sul: causas, consequências e tecnologia de gerenciamento e controle. São Carlos: Instituto Internacional de Ecologia, pp. 103-117.

NOGUEIRA, M.G.; JORCIN, A.; VIANNA, N.C.; BRITTO, Y.C. 2006. **Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR)**. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcín, A. (eds.). Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata (2ª ed.). São Carlos: Rima, pp. 435-459.

OLIVEIRA, P.C.R. 2004. **Estudo de limnologia no rio Paranapanema com ênfase nas associações zooplanctônicas (cladocera e copepoda)**. Monografia de bacharelado. Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 92p.

PAGIORO, T.A.; THOMAZ, S.M.; ROBERTO, M.C. 2005. **Caracterização limnológica abiótica dos reservatórios**. In: Rodrigues, L.; Thomaz, S.M.; Agostinho, A.A. & Gomes, L.C. Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. São Carlos: Rima, pp.17-37.

PANARELLI, E.; CASANOVA, S.M.C.; NOGUEIRA, M.G.; MITSUKA, P.M.; HENRY, R. 2003. **A comunidade zooplanctônica ao longo de gradientes longitudinais no rio Paranapanema / represa de Jurumirim (São Paulo, Brasil)**. In: Henry, R. (ed.). Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: Rima, pp. 129-160.

POVH, J.A.; RIBEIRO, R.P.; SIROL, R.N.; STREIT JÚNIOR, D.P.; LOPERA-BARRERO, N.M.; VARGAS, L.; GOMES, P.C.; LOPES, T.S. 2008. **Diversidade genética do pacu do rio Paranapanema e do estoque de um programa de repovoamento**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n.2, p.201-206.

RODRIGUES, L.; THOMAZ, S.M.; AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. 2005. **Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais**. São Carlos: Rima, pp. 17-37.

ROSA, J. **Reflorestamento permanente da mata ciliar**. Divisão de controle do meio ambiente. São Paulo – RIPASA S.A. Celulose e papel, 1991. 13p.

SÁCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**: São Paulo: Oficinas de textos, 2006. p. 28-32.

SAMPAIO, E.V.; ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G. 2002. **Composition and abundance of zooplankton in the limnetic of seven reservoir of the Paranapanema river, Brazil**. Braz. J. Biol., 62 (3), 525-545.

SENDACZ, S.; CALEFFI, S.; SANTOS-SOARES, J. 2006. **Zooplankton biomass of reservoirs in different trophic conditions in the state of São Paulo, Brazil**. Braz. J. Biol., 66(1B): 337-350.

SENDACZ, S.; KUBO, E.; CESTAROLLI, M.A. 1985. **Limnologia de reservatórios do sudeste do Estado de São Paulo, Brasil**. VIII. Zooplâncton. Inst. Pesca, 12(1): 187-207.

SIROL, R.N.; BRITTO, S.G.C. **Conservação e manejo da ictiofauna: repovoamento**. In: NOGUEIRA, M.G.; HENRY, R.; JORCIN, A. (Ed.). Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascatas. São Carlos: RiMA, 2006. p.275-284.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. 1999. **Reservoir ecosystem functioning: theory and application**. In: Tundisi, J.G. & Straškraba, M. (eds.). Theoretical Reservoir ecology and its applications. São Carlos: International Institute of Ecology/Brazilian Academy of Sciences, pp. 565-583.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. 1993. **State of the art of reservoir limnology and water quality management**. In: Straskraba, M.; Tundisi, J. G.; Duncan, A., (eds.). Comparative reservoir limnology and water quality management. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 213-288.

THORNTON, W.K. 1990. **Perspectives on reservoir limnology**. In: Thornton, K. W.; Kimmel, B.L. and Payne, E. F. (eds.). Reservoir Limnology: ecological perspectives. New York: John Wiley & Sons, Inc., pp. 1-13.

TUNDISI, J.G. 1980. **Ecology of a shallow tropical reservoir in Brazil**. In: Furtado, J.I., (ed.). Part 2. Tropical Ecology & Development. Proceeding of the 5th international Symposium of Tropical Ecology, pp. 893-906.

TUNDISI, J.G. 1999. **Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos**. In: Henry, R. (ed.). Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Fapesp/Fundibio, pp. 21-38.

- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; HENRY, R.; ROCHA, O; HINO, K. 1988. **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. Série monografias em limnologia. São Paulo: ACIESP, 1(l): 165-204.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 2003. **Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience of South American and Brazilian cases studies**. Hydrobiologia, 500: 231-242.
- TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. 1999. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. São Carlos, 529p.
- TUNDISI, J.G. 2006. **Gerenciamento integrado de bacias hidrográficas e reservatórios – estudos de caso e perspectivas**. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcin, A. (eds.). Ecologia de reservatórios: Impactos potenciais, Ações de manejo e Sistemas em Cascata. São Carlos: Rima, pp. 1-21.
- TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 1995. **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro: ABC/SBL, 384 p.
- VEIGA, M. P. da. **Estudo de aspectos florísticos, edáficos e da qualidade da água numa mata ciliar no noroeste do Estado do Paraná**. Maringá. Universidade Estadual de Maringá, 2002 (Tese de Mestrado).