

1995. pp. 100-115 In: Estado, Energia Elétrica e Meio Ambiente: O Caso das Grandes Barragens, L.P. Rosa, L. Sigaud & E.L. La Rovere (eds.) Coordenação das Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal de Rio de Janeiro (COPPE/UF RJ), Rio de Janeiro. 184 pp. (1995).

## PARTE III

# AS RESTRIÇÕES AMBIENTAIS NA ENERGIA ELÉTRICA

## CAPÍTULO 1

### OS IMPACTOS ECOLÓGICOS DAS GRANDES BARRAGENS

#### 1.1 INTRODUÇÃO

##### 1.1 Impactos Ecológicos

###### a. Impactos Físicos

Qualquer barramento implica numa série de alterações físicas no rio. A correnteza diminui muito, assim alterando a natureza do ambiente aquático. Normalmente hidrelétricas são construídas em lugares de correnteza rápida, sendo que estes oferecem as melhores condições para geração de energia elétrica. O reservatório torna estes lugares ecossistemas lóticos, com uma correnteza bastante lenta. Este fato altera o fluxo de sedimentos no rio, fazendo com que eles fiquem no fundo do reservatório. A temperatura da água no fundo do reservatório é mais fria do que no rio inalterado, assim como a temperatura da água no rio à jusante da barragem.

###### b. Impactos Químicos

A água no fundo do reservatório fica anóxica, e cria condições para reações químicas que geram compostos com efeitos nocivos para os interesses humanos, tais como ácido sulfídrico, metano e metil-mercúria.

###### c. Impactos Biológicos

Uma barragem representa uma barreira física à migração de peixes e outros organismos. O fechamento de uma barragem também altera radicalmente o ambiente aquático abaixo do barramento. No caso de Tucuruí, por exemplo, o rio Tocantins sustentava uma larga gama de espécies de peixes antes do fechamento da barragem. O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) identificou mais de 350 espécies de peixes em Tucuruí; esta

alta diversidade causa problemas diferentes dos outros locais tropicais onde grandes barragens foram construídas, tais como as barragens na África onde tipicamente encontram-se aproximadamente oitenta espécies (Leite & Bittencourt, 1991).

A diversidade de peixes na área do reservatório de Tucuruí diminuiu drasticamente após o fechamento, com as comunidades sendo diminuídas para algumas poucas espécies (Leite & Bittencourt, 1991). A instabilidade resultou em uma alteração radical na abundância relativa dos peixes nos diferentes níveis tróficos. Enquanto os consumidores primários tinham sido os mais abundantes, a população dos predadores explodiu imediatamente após o fechamento: no primeiro ano as piranhas (*Serrasalmus*, sp.) compuseram 40-70% dos peixes capturados na amostragem experimental feita pelo INPA (Leite & Bittencourt, 1991). A predominância de predadores foi mantida durante os primeiros três anos, embora alguns consumidores primários e secundários tenham conseguido recuperar parcialmente as suas populações. A biomassa pesqueira presente flutuou tremendamente nos primeiros três anos (período para o qual dados de monitoramento estão disponíveis): até janeiro de 1986 a biomassa de peixes tinha aumentado até um nível superior àquele que estava presente antes do fechamento, seguido por uma queda abrupta no terceiro ano. A queda se deve, provavelmente, ao fato dos peixes predadores, que constituíam a maior parte da biomassa, terem sido mortos por falta de presas. É difícil, entretanto, concluir isto com certeza pois o aumento da transparência da água teria feito com que as malhadeiras experimentais se formassem mais visíveis aos peixes (Leite e Bittencourt, 1991).

A pesca comercial foi proibida no reservatório de Tucuruí até o final de 1985. Durante 1986 a colheita comercial aumentou rapidamente e, ao mesmo tempo, a biomassa presente no lago sofreu um processo de redução (constatado pela amostragem experimental) (Leite & Bittencourt, 1991). O predador tucunaré (*Cichla ocellaris* e *C. temensis*) constituiu mais de 50% da colheita comercial em 1986. Em 1987 a colheita por unidade de esforço começou a declinar.

Baseado nas estimativas da fertilidade da água e nos dados sobre a produção primária e secundária na águas naturais na Amazônia, Junk & Mello (1987: 377) calcularam que Tucuruí deve produzir aproximadamente 40 kg/ha/ano de peixes, e concluíram que "conseqüentemente, a contribuição dos reservatórios amazônicos no suprimento de proteína para a população será apenas de importância local".

Outro impacto significativo é dado pela perda de área florestal provocada pela barragem. No caso de Balbina, por exemplo, a perda da floresta representa um dos principais custos. A área prejudicada é muito maior que os 2.360 km realmente inundados, já que a inclusão de ilhas aproximadamente duplica a área afetada. Apesar da Eletronorte afirmar que as ilhas têm "condições de vida para animais e plantas" (Brasil, Eletronorte, s/d — (1987: 18), sabe-se que uma floresta dividida em pequenos fragmentos perde muitas espécies de animais e plantas à medida que as partes isoladas de florestas se degradam (Lovejoy et al., 1984).

## **2. RETENÇÃO DE SEDIMENTOS**

A retenção de sedimentos constitui uma das sérias alterações que podem ocorrer por causa das barragens. Isto pode provocar a redução da capacidade de armazenamento das usinas e afetar a agricultura e a pesca à jusante.

No caso de Tucuruí, o trecho de 670 km do rio Tocantins afetado pela barragem (500 km abaixo da barragem e 170 km acima) sustentou uma indústria pesqueira que forneceu tanto renda monetária quanto a maior parte da proteína animal para a população ribeirinha. Antes de fechar a barragem, o consumo de peixe era, em média, 49 kg/pessoa/ano (Merona, 1985).

No caso de Balbina, a morte de peixes na hora do fechamento da barragem constituiu um dos impactos que mais atraiu a atenção pública. A Eletronorte dificultou a observação deste aspecto, não tendo informado a pesquisadores e outros a data em que a barragem seria realmente fechada. Balbina foi fechada, sem aviso prévio, trinta dias antes da data anunciada de 31 de outubro de 1987. No entanto, alguns pesquisadores estavam presentes na época. Peixes morreram à jusante da barragem em Balbina (José A.N. de Mello, comunicação pessoal, 1988). Em Tucuruí, a Eletronorte fechou a barragem sem aviso prévio no dia 06 de setembro de 1984, um dia antes do feriado de três dias de comemoração da independência nacional. Uma equipe do INPA conseguiu chegar até ao local no dia 10 de setembro, e uma razoável mortandade de peixes foi observada. A mortandade de peixes em Tucuruí tinha também ocorrido quando a primeira água passou pelas turbinas num teste anterior à cerimônia de abertura. O lançamento de água anóxica matou muitos peixes no trecho imediatamente abaixo da barragem; a Eletronorte removeu estes de caminhão para melhorar a imagem visual e olfativa da área para a cerimônia de inauguração. Em Balbina, as tomadas de água para as turbinas, localizadas no fundo da represa, fatalmente tiram a água praticamente sem oxigênio. A entrada em funcionamento da segunda turbina da Balbina, em março de 1989, provocou a morte de peixes até abaixo da foz do rio Jatapú.

## **3. ALTERAÇÕES NO CICLO HIDROLÓGICO**

Uma outra importante alteração é dada pelas mudanças no ciclo hidrológico. O barramento pode provocar o rompimento no balanço dos recursos hídricos, perdas do reservatório e redução da vazão média do rio.

No caso de Balbina, os residentes ao longo do rio abaixo da barragem optaram por ficar na mesma área, em troca de benefícios para compensar a perda de pesca e de água potável durante a fase de enchimento: às cinquenta famílias mais próximas da barragem (aquelas localizadas acima da Cachoeira Morena, 30 km abaixo da barragem) seriam dados secadores

solares para uso na conservação dos peixes que ficassem presos nas poças de água formadas no leito seco do rio; estas de mais cinqüenta famílias localizadas, entre Cachoeira Morena e o rio Abacate, receberiam poços e tanques de água. A Eletronorte completou apenas um terço dos cem poços antes do fechamento da barragem. A empresa prometeu abastecer com água de carros-pipa aqueles que não tinham recebido os poços (aproximadamente metade das famílias estava em lotes com acesso à estrada construída de Balbina até Cachoeira Morena). Apenas uma entrega de água, porém, foi realmente efetuada (Jaime de Araújo, comunicação pessoal, 1988).

## 4. QUALIDADE DA ÁGUA

### 4.1 Qualidade da Água no Lago

A perda de qualidade da água nos reservatórios é um dos principais problemas provocados pela decomposição da vegetação dentro do reservatório. Esta decomposição se deve tanto aos restos de floresta deixados quando do enchimento do lago, quanto às macrófitas aquáticas que proliferam na superfície da água. A água se torna ácida e anóxica (Garzon, 1984). Isto corrói as turbinas e outros equipamentos da usina, e também torna a água inapta para a maioria das espécies de peixes. A erosão do solo na bacia hidrográfica, quando esta sofre desmatamento rápido, leva à sedimentação do reservatório.

No caso do Tucuruí, foi recomendado que 85% da vegetação fosse removida da área a ser inundada, porém a Eletronorte adotou um plano para desmatar apenas 30% (A Província do Pará, 15 de junho de 1982; Monosowski, 1986). A exploração seletiva da madeira de lei recebeu uma prioridade maior. Isto entretanto foi feito em apenas uma pequena parte da área, seja pela densidade de espécies valiosas ler-se mostrado mais baixa do previsto originalmente, seja pela falta de experiência da Companhia de Providência Pecúlio Militar (CAPEMI), um fundo privado de aposentadoria para militares que tinha a concessão de exploração madeireira, seja ainda pelo pouco tempo disponível antes do enchimento do reservatório. Um escândalo financeiro levou ao desmatamento de apenas 0,5% da área de inundação. Uma área adicional adjacente à barragem foi desmatada pela própria Eletronorte: presumindo que toda esta área "crítica" de 100 km tivesse sido realmente desmatada, a área de floresta totalizaria 5% do reservatório (ver Monosowski, 1986).

Sempre nesta barragem, apesar da renovação da água ser relativamente rápida por ser dominada pelo fluxo no leito principal, um braço lateral, que comunica com o corpo principal da represa através de um canal estreito, é alimentado por igarapés tão pequenos que em anos secos a entrada de água corresponde a um tempo de residência na ordem de cinqüenta anos. Antes do fechamento da barragem, a Eletronorte limpou a vegetação desta bacia, conhecida como o Lago do Caraipé, com tratores de esteira para deixar a área tão

estéril quanto possível, minimizando assim a eutroficação (Cel. Willy Antônio Pereira, comunicação pessoal, 1987; ver Brasil, INPA, 1983: 32-34). Sem dúvida, o tratamento especial foi motivado também pela proximidade da baía às áreas habitadas. Entretanto, mesmo com a limpeza por tratores de esteira, a baía foi rapidamente coberta por tapetes de macrófitas flutuantes (Revilla Cardenas, 1986a: 9, 17).

○ O aumento na acidez da água causado pela decomposição da vegetação pode tornar a manutenção cara. Tucuruí já sofreu reparos em suas turbinas, a um custo não divulgado.

No caso de Balbina, a represa é um labirinto de canais entre aproximadamente 1.500 ilhas e 60 igarapés afluentes. O tempo de residência em algumas destas baías de águas paradas será muitas vezes maior do que a média que, por sua vez, já é extremamente elevada: de 11,7 meses segundo cálculos do estudo de viabilidade (Brasil, Eletrobrás, 1986b: 6.12), ou de 14,0 meses se calculado a partir dos valores mensurados de vazão. A água em Tucuruí contrasta com isto, apresentando um tempo de residência em média de 1,8 meses ou de 6,4 vezes menor que o valor oficial de Balbina. Algumas áreas do reservatório de Balbina podem ser renovadas apenas uma vez em vários anos. Além da configuração reticulada das baías interligadas em Balbina, que parece o corte transversal de um pulmão humano, o tempo de residência no fundo do reservatório, onde concentram-se as folhas em decomposição, seria maior que a média geral do reservatório pois espera-se uma estratificação térmica (Fisch, 1986). A água ao entrar no reservatório segue em direção à barragem nas camadas superficiais (Branco, 1986), embora alguma mistura possa ocorrer nas proximidades da barragem, enquanto a água removida do reservatório será tirada do fundo, onde estão situadas as tomadas de água para as turbinas.

○ O material previsto para as turbinas originalmente encomendadas para Balbina foi mudado para aço inoxidável quando a barragem estava sendo construída. Arcar com o custo adicional de usar aço mais resistente foi motivado pelo medo de corrosão. A comparação direta dos custos de manutenção de Balbina e de Curuá-Una é, portanto, dificultada por dois fatores opostos: aço melhor e água pior. Dada a acidez sem precedentes observada na água de Balbina, os custos de manutenção serão, sem dúvida, altos.

○ O não desmatamento da área de inundação em Balbina constituiu um assunto de controvérsia jurídica. A lei nº 3.824 de 23 de novembro de 1960 reza que é "obrigatória a destoca e conseqüente limpeza das bacias hídricas dos açudes, represas ou lagos artificiais". A Eletronorte não promoveu uma limpeza desta natureza na área inundada em Tucuruí, alegando que a lei referia-se apenas a reservatórios destinados ao abastecimento de água e não para a geração de energia elétrica. O precedente de Tucuruí foi posteriormente aplicado para justificar o não desmatamento em Balbina (*A Crítica*, 08 de novembro de 1985). Antes de Tucuruí, a floresta também tinha sido deixada na represa de 86 km em Curuá-Una no Pará, fechada em 1976, e apenas 50% da área de inundação fora desmatada na represa de 23 km de Coaracy Nunes (Paredão), no Amapá, fechada em 1975 (Paiva, 1977). Como

já foi dito, quando a vegetação permanece nos reservatórios entra em decomposição, a água torna-se ácida e anóxica provocando a corrosão das turbinas (Garzon, 1984).

No caso da hidrelétrica de Curuá-Una, perto de Santarém no Pará, a geração de energia teve que parar temporariamente em 1982 (apenas cinco anos depois de sua entrada em funcionamento) para permitir reparos nas turbinas corroídas a um custo de US\$ 1,1 milhão (Brasil, Eletrobrás/CEPEL, 1983: 34). O custo acumulado de manutenção nos primeiros seis anos totalizou US\$ 2 milhões, ou US\$ 16.600 por megawatt instalado por ano: setenta vezes o custo por megawatt para uma hidrelétrica comparável na região Nordeste (Brasil, Eletrobrás/CEPEL, 1983: 44). O relatório da Eletrobrás é ricamente ilustrado com fotografias das turbinas altamente corroídas em Curuá-Una. A perda de geração de energia não foi incluída nos custos de manutenção relatados. O tempo de residência média da água em Curuá-Una é de aproximadamente quarenta dias (Robertson, 1980: 10). O tempo de residência em Balbina, aproximadamente dez vezes maior, significa que a qualidade da água e os problemas de corrosão são piores que em Curuá-Una. O maior número de baias e canais de água parada em Balbina aumentará ainda mais esta diferença. Pela taxa observada em Curuá-Una, a manutenção em Balbina custaria US\$ 4,15 milhões por ano ou 4,3 mil (milésimos de dólar norte-americano) por quilowatt-hora (kWh) de eletricidade entregue a Manaus (cerca de 10% da tarifa cobrada aos consumidores). Nos seus primeiros treze anos de operação, reparos devido à corrosão na Hidrelétrica de Brokopondo no Suriname totalizaram US\$ 4 milhões, ou mais de 7% do custo de construção (Caufield, 1983: 62). Assim como em Brokopondo e Curuá-Una, a vegetação permanece para se decompor na maior parte da área de inundação de Balbina: apenas uma área simbólica de 50 km (2%) foi desmatada antes do fechamento da barragem.

A decomposição da vegetação na água produz o gás sulfídrico ( $H_2S$ ), resultando num cheiro semelhante ao de ovo podre. O reservatório de Brokopondo, no Suriname, produziu  $H_2S$ , obrigando os trabalhadores do local a usar máscaras durante dois anos após o fechamento da barragem (Melquíades Pinto Paiva, comunicação pessoal, 1988; Paiva, 1977; Caufield, 1982). Na represa muito menor de Curuá-Una, no Pará, o cheiro foi percebido até por pessoas que sobrevoavam a área em pequenos aviões (Bárbara A. Robertson, comunicação pessoal, 1988). Além do malcheiro, o  $H_2S$  produz chuva ácida. Apesar das preocupações da população com a poluição do ar como um dos impactos ambientais do projeto, o  $H_2S$  é entretanto um fenômeno relativamente temporário e restrito.

## 4.2 Qualidade da Água no Rio

Quando a barragem de Tucuruí foi fechada em 6 de setembro de 1984, o fluxo de água para o baixo Tocantins foi completamente interrompido durante quase três meses, e parcialmente suspensa durante seis meses adicionais (Leite & Bittencourt, 1991). Alguns trechos mais rasos secaram durante os três meses em que o fluxo da água foi completamente bloqueado. Enquanto uma quantidade relativamente pequena de mortalidade de peixes

ocorreu em poços isolados neste primeiro período, a maior parte da mortalidade de peixes ocorreu mais tarde, quando a operação experimental das turbinas começou. Uma quantidade substancial de peixes morreu imediatamente abaixo da barragem quando as turbinas começaram a funcionar, liberando água sem oxigênio e com alto teor de gás sulfídrico (Merona et al., 1987).

No primeiro ano após o fechamento de Tucuruí as colheitas pesqueiras no baixo Tocantins permaneceram aproximadamente nos níveis registrados antes da barragem, já que os peixes migratórios encurralados aos pés da barragem foram facilmente capturados pelos pescadores. No ano seguinte (1986), no entanto, a colheita total foi três vezes maior (Brasil, Eletronorte 1987; — Leite & Bittencourt, 1991). A colheita de peixes por unidade de esforço, medida tanto em kg/viagem como em kg/pescador, diminuiu em aproximadamente 60%, enquanto o número de pescadores da região também caiu dramaticamente. Além do declínio nas colheitas pesqueiras, as colheitas de camarões de água doce também diminuíram: a população local no baixo Tocantins não mudou em relação aos níveis de 1981 no primeiro ano após o fechamento da barragem (1985), mas caiu em 66% no ano seguinte (Odinetz-Collart, 1987).

Durante a época seca, a água que passa pelas turbinas é praticamente anóxica. Esta água não se mistura com o fluxo do vertedouro até aproximadamente 60 km à jusante da barragem, reduzindo as populações de peixes ao longo da margem esquerda deste trecho (Hino et al., 1987 citado por Monosowski, 1990: 31).

## **5. IMPACTOS SOBRE A FLORA E A FAUNA**

Os impactos sobre a flora e a fauna se fazem sentir em vários momentos da implantação do empreendimento. São notórias, por exemplo, as perdas na fase de enchimento do reservatório. Estas perdas têm sérias implicações sobre a preservação do patrimônio genético.

No caso de Tucuruí a área do reservatório na cota de 70 m acima do nível do mar é oficialmente 2.430 km<sup>2</sup> (Brasil, Eletronorte s/d — (1987): 24-25 \*\*liv. br.\*\*). Antes de fechar a barragem a área prevista para a superfície de alagamento era de 2.100 km<sup>2</sup> (Monosowski, 1990: 32) ou de 2.160 km<sup>2</sup> (Goodland, 1980). Mensuração a partir das imagens do LANDSAT de 1989 indica 2.247 km<sup>2</sup> de água (Meira Filho et al., s/d). O mesmo estudo estima a área do leito do rio dentro do reservatório em 321 km, baseado no comprimento do reservatório de 170 km (Juras, 1988) e a largura média de 1.891m medida de imagens em escala de 1:250.000 do radar aerotransportado de visão lateral (SLAR) produzido pelo projeto RADAMBRASIL (Brasil, Projeto RADAMBRASIL, 1981). Desprezando qualquer desmatamento prévio na área de inundação, a floresta perdida com a inundação de Tucuruí foi 2.247 - 321 = 1.926 km<sup>2</sup>.

No caso de Balbina, a perda mais evidente – proveniente da pressa da Eletronorte em encher a represa – está relacionada com os produtos da floresta, especialmente a madeira. O valor em potencial da floresta sacrificada não foi incluído nos cálculos do custo do reservatório, o que se tornou um foco de atenção pública (e.g., *A Crítica*, 22 de setembro de 1984, 03 de outubro de 1985). Um levantamento florestal feito pelo INPA revelou a existência de 28,8 m<sup>3</sup> de madeira nobre por hectare (Higuchi, 1983: 20), ou aproximadamente 6,8 milhões de m<sup>3</sup> na área de 2.360 km<sup>2</sup> do reservatório. Um levantamento feito por uma firma de consultoria conclui que o volume de madeira de todas as espécies era, em média, 161 m<sup>3</sup>/ha para árvores acima de 10 cm de diâmetro a altura do peito (DAP) e 58 m<sup>3</sup>/ha para árvores superiores a 50 cm DAP (Jaako Poyry Engenharia, 1983: 50). Este valor foi considerado insuficiente e desanimou os esforços de exploração madeireira (Visão, 16 de julho de 1986). A pequena antecedência de aviso dada aos potenciais concessionários madeireiros também fez com que qualquer exploração em escala comercial fosse improvável: as firmas madeireiras tinham menos de dois anos entre a data da licitação e a data originalmente fixada para o fechamento da barragem.

A incapacidade da Eletronorte em despertar o interesse de empresas madeireiras na exploração da área do reservatório representa um revés em termos de relações públicas, dada a alta visibilidade da perda envolvida. O presidente da Eletronorte enfatizou que a madeira inundada não era perdida, e sugeriu que durante a vazante os madeireiros cortassem as árvores na terra exposta e voltassem de barco para rebocar as toras durante a enchente (Lopes, 1986). Em Tucuruí alguns madeireiros cortaram as espécies valiosas usando mergulhadores com motosserras especiais para uso subaquático; os custos neste caso são muito menores do que na exploração tradicional em terra firme devido à facilidade de rebocar as toras cortadas. No entanto, o perigo é grande para o motosserrista. Nas pastagens amazônicas, quando as árvores morrem em pé, elas não são cortadas, devido ao perigo de galhos mortos caírem sobre as pessoas que serram o tronco.

Produtos florestais não madeireiros também foram perdidos. A seringa e o pau-rosa estavam sendo explorados até os últimos meses antes do enchimento. Os produtos potencialmente mais valiosos das florestas, aqui – assim como em outras partes da Amazônia – nem sequer têm sido identificados, especialmente os compostos farmacêuticos (ver Myers, 1976).

## **6. PLANTAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO**

No caso de Balbina, uma grande parte do reservatório é extremamente rasa pois o relevo em Balbina é bastante plano. A área de 2.360 km<sup>2</sup> da represa na cota de 50m cai para 1.580 km<sup>2</sup> na cota 46, o que significa que 780 km<sup>2</sup> (33%) terão menos que quatro metros de profundidade. A profundidade média será de 7,4 m (Brasil, Eletrobrás, 1986b: 6.12). Nesta ex-



tensa área de água rasa pode se esperar a sustentação de uma vegetação aquática enraizada no fundo que, adicionada ao problema de macrófitas flutuantes, poderia afetar a represa inteira. A combinação de superfície extensa por volume de água em um reservatório raso e a alta biomassa de vegetação aquática levará a pesadas perdas de água por evaporação e transpiração.

A Eletronorte apresentou a criação de um rebanho de peixes-boi, como antídoto contra a proliferação de macrófitas, numa revista em quadrinhos na qual um papagaio explica a "Maravilhosa Viagem da Luz até a sua Casa" (Brasil, Eletronorte, s/d (1987)). Os pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) responsáveis pelo programa enxergam-no como um esforço estritamente para fins de pesquisa ao invés de uma medida de controle de macrófitas, já que os peixes-boi se reproduzem muito lentamente (Vera da Silva, comunicação pessoal, 1988). Os peixes-boi têm um período de gestação longo (Best, 1982), que, junto com a fertilidade reduzida durante a lactação, restringe a reprodução a um filhote por fêmea a cada três anos (Best, 1984: 376 & Vera da Silva, comunicação pessoal, 1988). Por enquanto, a Eletronorte tem retirado algumas das macrófitas à mão, removendo-as da área em canoas com motor de popa e caminhões: um método que tem poucas chances de ser financeiramente sustentável.

## **7. IMPACTOS SOBRE A SAÚDE HUMANA**

### **7.1. Insetos e Vetores de Doenças**

Após a formação do reservatório de Tucuruí, a população de carapanãs tem explodido ao longo da margem ocidental do lago. Os mosquitos que têm se tornado uma praga são do gênero *Mansonia* (principalmente *M. titillans*, mas também *M. pseudotitillans*, *M. Indubitans* e *M. humeralis*) que picam tanto de noite como de dia (Tadei et al., 1991). As nuvens destes insetos tornam a vida intolerável nas áreas onde eles se concentram, e têm levado um número significativo de residentes a mudarem para outros locais. Outros residentes estão aguardando indenização do governo. A explosão no contingente de mosquitos é uma conseqüência previsível das macrófitas aquáticas no reservatório, que, se acredita, sejam os locais criadouros para estes mosquitos em toda a Amazônia. No entanto, tentativas de localizar as larvas dos mosquitos associadas com as raízes das macrófitas têm fracassado (Paulo Vilarinhos, comunicação pessoal, 12 de setembro de 1991). Os ventos predominantes concentram as macrófitas, tais como a aguapé ou mururu (*Eichornia crassipes*), a alface aquática (*Pistia* sp.), e a *Salvinia* sp. ao longo da margem esquerda do reservatório. A explosão inicial de macrófitas (especialmente *Salvinia auriculata*), que cobriu grande parte da superfície do reservatório no primeiro ano, morreu até atingir o seu nível atual na medida que a quantidade inicial de nutrientes na água esgotou-se. Isto também ocorreu no reservatório de Brokopondo em Suriname e no reservatório de Balbina

no Estado do Amazonas. O nível atual de infestação com macrófitas, e portanto o nível atual localmente intolerável de infestação com mosquitos, parece ser estável.

Os mosquitos do gênero *Mansonia* não transmitem a malária, nem tampouco arbovírus (Brasil, Eletronorte, 1989). Este pode ser um vetor para filária, o protozoário que causa a elefantíase. Esta doença ocorre em países vizinhos tal como o Suriname, e não tem se espalhado na Amazônia brasileira por razão desconhecida, já que os mosquitos de *Mansonia* sp. ocorrem em toda a região (W. Tadei, comunicação pessoal, 1991).

Mosquitos do gênero *Anopheles*, que transmitem a malária, também são encontrados em toda a área de Tucuruí (Tadei et al., 1983). *A. darlingi*, o vetor principal da malária na Amazônia, tem diminuído em abundância, embora tanto o mosquito como a doença persistam (Tadei et al., 1991). *A. nunez-tovari*, a espécie mais comum de *Anopheles*, assim como *A. triannulatus* e *A. albitarsis*, presentes antes do enchimento do reservatório de Tucuruí, tiveram suas populações reduzidas após o enchimento. Entretanto a espécie *A. braziliensis*, que não tinha sido encontrada antes do enchimento, apareceu nas coletas pós-enchimento. As espécies presentes tanto antes como depois do enchimento, para as quais não houve mudança aparente no padrão claro de mudança de abundância foram: *A. oswaldoi*, *A. argyritarsis*, *A. mediopunctatus*, *A. evansae*, *A. intermedius* e *A. rangeli* (Tadei et al., 1991).

## **8. EXPERIÊNCIA BRASILEIRA NO TRATAMENTO DE IMPACTOS ECOLÓGICOS**

### **8.1 Tucuruí**

A barragem de Tucuruí inundou 2.430 km, incluindo parte da reserva indígena Parakan. O reservatório está localizado no Pará central, entre 3.43' e 5 15' latitude sul e 49 12' e 15 00' longitude oeste.

A Eletronorte coletou 284 mil animais, na maioria mamíferos e répteis, durante a operação de salvamento faunístico conhecido como o projeto Curupira. Um relatório de um levantamento de campo feito em 1986 pela Eletronorte indica que todas as reservas de floresta natural criadas para abrigar os animais resgatados tinham sido invadidas por madeireiros e caçadores (Monosowski, 1990: 33).

A criação de um banco de germoplasma também foi considerada como uma medida mitigatória. Este projeto plantou em uma ilha perto da barragem exemplares de diferentes espécies de árvores encontradas na área da inundação. Apenas uma pequena área do plantio tem sido mantida. A sede da área tem servido principalmente como local para recreação para os funcionários da Vila de Eletronorte em Tucuruí, e para mostrar aos visitantes as atividades ambientais na área.

## 8.2 Balbina

A Hidrelétrica de Balbina, no Estado do Amazonas, inundou 2.360 km<sup>2</sup> de floresta tropical para gerar, em média, apenas 112,2 MW de eletricidade. A topografia plana e o tamanho diminuto da bacia hidrográfica fazem com que a produção de energia seja pequena. A represa, muito rasa, contém 1.500 ilhas e inúmeras baías com águas paradas onde o tempo de retenção de cada gota da água no lago será ainda mais longo do que a média: mais de um ano. Balbina foi construída para fornecer eletricidade a Manaus, uma cidade que cresceu tanto durante a construção da barragem que outras alternativas para fornecimento de energia já se fazem necessárias. Subsídios do governo explicam o seu crescimento explosivo, inclusive as tarifas de eletricidade que são unificadas nacionalmente. Outras fontes de energia para Manaus incluem o fornecimento de eletricidade, a partir das barragens mais distantes, de petróleo e gás natural, em campos recentemente descobertos. Entre outros impactos de Balbina, o uso potencial da floresta está em grande parte comprometido. Aproximadamente um terço dos sobreviventes da tribo indígena Waimiri-Atroari foram desalojados. A barragem foi fechada em 01 de outubro de 1987, e a geração de energia começou em fevereiro de 1989. O exemplo de Balbina nos fornece várias diretrizes de como o processo decisório pode ser melhorado no Brasil. As análises de impacto ambiental precisam ser completadas antes da tomada de decisões globais sobre a implementação dos projetos. O sistema atual de avaliação de impactos ambientais, no Brasil, assim como em outros países, tem uma influência indesejável sobre a política científica. Além de não enfrentar as causas subjacentes aos processos de desenvolvimento perniciosos ao meio ambiente, não é capaz de sustar projetos "irreversíveis" como Balbina.

Os esforços muito divulgados de resgatar a fauna, que seria afogada pelas águas na represa, é um assunto de intensa controvérsia. Mudar os animais para florestas fora da área de inundação rende pouco benefício líquido em termos de vidas salvas de animais: as populações de animais, já presentes normalmente, concorrem com os recém-chegados até que a densidade de cada espécie decline para aproximadamente os mesmos níveis de antes. A operação de resgate de fauna em Balbina, conhecida como a "Operação Muiraquit", alocou 38 barcos novos com 45 motores de popa de 45 HP (Walter de Andrade, comunicação pessoal, 1987). Trabalharam na operação 240 trabalhadores durante nove meses, de outubro de 1987 a julho de 1988 (Sautchuk, 1988). Os pesquisadores do INPA, por sua vez, tiveram que trabalhar alugando os equipamentos mal conservados dos pescadores locais.

A Hidrelétrica de Balbina foi dispensada do RIMA por estar sob construção antes da resolução de 23 de janeiro de 1986, que tornou esse relatório obrigatório para todos os grandes projetos de desenvolvimento. Mesmo assim foi necessária a obtenção da licença para entrada em operação junto ao órgão estadual do meio ambiente. No caso do Estado do Amazonas, este era o Centro de Desenvolvimento, Pesquisa e Tecnologia do Estado do Amazonas (CODEAMA) (substituído desde junho de 1989 pelo Instituto de Desenvolvimento dos Recursos Naturais e Proteção Ambiental do Amazonas – IMA – AM). A diretora do CODEAMA, Lídia Loureiro da Cruz, foi, repentinamente,

substituída apenas nove dias antes do licenciamento da barragem (Melchiades Filho, 1987). Ela não apoiava Balbina e tinha sido elogiada, nos jornais locais, numa série de debates em que a Eletronorte foi duramente criticada (*A Crítica*, 27 de agosto de 1987). A licença de operação foi aprovada no mesmo dia (01 de outubro de 1987) em que a última adufa foi fechada para bloquear o rio Uatum. O precedente de fazer do processo de avaliação ambiental uma mera formalidade simbólica é, talvez, o impacto de maior alcance deste projeto altamente questionável.

O exemplo de Balbina serve como um alerta no sentido de que garantias muito mais fortes se tornam necessárias para cancelar em definitivo projetos danosos ao meio ambiente, ao invés destes serem meramente adiados. A Eletronorte começou o enchimento de Balbina com promessas de interrompê-lo quando o nível de água chegasse a 46 m acima do nível do mar (parar o enchimento na cota 46 para operar neste nível durante uma "primeira etapa" foi o plano oficial desde 1986: declaração de Miguel Rodrigues Nunes, presidente da Eletronorte citado por Lopes, 1986). O reservatório seria mantido neste nível durante vários anos para permitir que a qualidade da água fosse estabilizada, após o que uma decisão separada seria tomada sobre a realização do resto do processo de enchimento até a cota de 50 m. Durante os meses anteriores ao fechamento da barragem, a cifra de 1.580 km<sup>2</sup> (que corresponde à cota de 46 m) foi usada pelo Eletronorte cada vez que divulgava a área a ser inundada por Balbina, inclusive na revista em quadrinhos amplamente distribuída em Manaus (Brasil, Eletronorte s/d — (1987) quando o nível da água chegou à cota de 46 m em 15 de julho de 1988, o processo de enchimento não parou prosseguindo diretamente até o nível cheio de 50 m (e até mais que isso). Atualmente, os planos para a Hidrelétrica de Babaquara, que inundaria uma área de 6.140 km<sup>2</sup> habitada por várias tribos indígenas no rio Xingu (Santos & Andrade, 1988), são descritos pela Eletronorte como "adiados".

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- *A Crítica*, Manaus, 22 set., 1984. Dólares perdidos: Balbina poder repetir o fenômeno de Tucuruí. Caderno 1, p. 6.

- *A Crítica*, Manaus, 3 out., 1985. Balbina vai "engolir" uma riqueza florestal. Caderno 1, p. 7.

- *A Crítica*, Manaus, 8 nov., 1985. Ameaça de "bomba" ecológica: Mata de Balbina dever ser afogada. Caderno 1, p. 3.

- *A Crítica*, Manaus, 27 ago., 1987. Debates sobre Balbina têm elogio do Codeama. Caderno 1, p.3.

- *A Província do Pará*, Belém, 15 jun., 1982. Eletronorte não fará desmatamento: Tucuruí. Caderno 1, p.9.

- BEST, R.C.. 1982, Seasonal breeding of the Amazonian manatee, *Trichechus inunguis* (Mammalia: Sirenia). *Biotropica*, v.14, n.1, 1982, p.76-78.

- ———. The Aquatic Mammals and Reptiles of the Amazon. In: SIOLI, (ed.). *The Amazon: Limnology and Landscape Ecology of a Mighty Tropical River and its Basin*. Dordrecht, Holanda: Dr. W. Junk Publishers, 1984. p. 371-412

- BRANCO, S.M.. Uma parte da Amazônia vai morrer com Balbina. *Pau-brasil*, v.13, n.3, p.39-46.

- ELETROBRÁS. Plano diretor para proteção e melhoria do meio ambiente nas obras e serviços do setor elétrico. Brasília: ELETROBRÁS, Diretoria de Planejamento e Engenharia, Departamento de Recursos Energéticos, 1986 b, 187 p.

- ELETROBRÁS/CEPEL. Relatório Técnico Final N. 963/83: Estudo Comparativo de Manutenção nas Usinas de Curuá-Una e Moxotó. ELETROBRÁS/Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Brasília, 1983, 48 p.

- ELETRONORTE. Estudos ambientais do Reservatório de Balbina. Relatório "Diagnóstico" BAL-50-1001-RE. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), 1987, 308 p.

- ———. Relatório: Comissão de Estudos da Proliferação de Mosquitos a Montante de Tucuruí. Relatório, Período 20set. - 20 dez., 1989. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte), 1989, 32 p. e anexos.

- ———. A Maravilhosa viagem da luz até sua casa: Usina Hidrelétrica Balbina. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S.A. (Eletronorte), 1987a, 22 p.

- ———. Livro branco sobre o meio ambiente da usina hidrelétrica de Tucuruí. Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S.A. (ELETRONORTE), 1987b, 288 p.

- INPA. Estudos de ecologia e controle ambiental na região da UHE de Tucuruí. Relatório Semestral. Período jan./jun. 1983. Convênio Eletronorte/CNPq/INPA, 30 jan., 1980. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1983, 66 p.

- BRASIL, Projeto RADAMBRASIL, Amazônia legal. Escala de mapa 1: 2.500.000. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia, 1983, 2 folhs.

- CAUFIELD, C.. Brazil, energy and the Amazon. *New Scientist*, p. 240-243, 28 out. 1982.

- CAUFIELD, C.. Dam the Amazon, Full Steam Ahead. *Natural History*, v. 7, p. 60-67, 1983.

- DEVOL, A.H., RICHEY, J.H., FORSBERG, B.R., MARTINELLI, L.A.. Seasonal Dynamics in Methane Emissions from the Amazon River Floodplain to the Troposphere. *Journal of Geophysical Research*, 95 (D10), v. 16, p.417-16, p. 426.

- DICKINSON, R.E., CICERONE, R.J.. Future Global Warming from Atmospheric Trace Gases. *Nature*, v. 319, p. 109-115.

- FEARNSIDE, P.M.. A Hidrelétrica de Balbina: o faraonismo irreversível versus o ambiente na Amazônia. São Paulo: Instituto de Antropologia Meio Ambiente (IAMA), 1990, 63 p.

- FEARNSIDE, P.M.. Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon as Sources of Greenhouse Gases, (em preparação).

- FISCH, G.P. Estudos de ecologia e controle ambiental na região do reservatório da UHE de Balbina, Convênio: ELN/CNPq/INPA, de 1/7/82. Relatório Setorial. Segmento Modelagem Matemática da Qualidade da água, período jan./jun. 1986, Manaus: INPA, 1986, 27 p.

- GARZON, C.E.. Water Quality in Hydroelectric Projects: Consideration for Planning in Tropical Forest Regions. Washington, D.C: World Bank, 1984. (World Bank Technical Paper n. 20). 33 p.

- GOODLAND, R.J.A.. Environmental Ranking of Amazonian Development Projects in Brazil. *Environmental Conservations*, v. 7, n. 1, p. 9-26.

- GOREAU, T.J., MELLO, W.Z.. Effects of Deforestation on Sources and Sinks of Atmospheric Carbon Dioxide, Nitrous Oxide, and Methane from Central Amazonian Soils and Biota during the Dry Season: A Preliminary Study. In: ATHIÉ, D., LOVEJOY, T.E., OYENS, P. de M. (eds.). Proceedings of the Workshop on Biogeochemistry of Tropical Rain Forests: Problems for Research. Piracicaba, São Paulo: Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), 1987. 85p., p. 51-66.

- HIGUCHI, N.. Inventário florestal da UHE de Balbina. Convênio INPA/ELETRONORTE, Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1983. 109 p.

- HINO, K. et al.. Influência da barragem da Usina Hidroelétrica de Tucuruí nos teores de oxigênio dissolvido a jusante, Rio Tocantins (PA). Brasília: Centrais Elétricas do Norte do Brasil, S.A. (ELETRONORTE), 1987.

- JAAKO PÖYRY ENGENHARIA. Balbina: Inventário Florestal de Verificação e Complementação: Bacia de Inundação da UHE-Balbina-AM. v.1, Relatório Principal. ELETRONORTE 9447-Uipe-03 US-002/Bal out. 83. 64 p.

- JUNK, W.J., de Mello, J.A.S.. Impactos ecológicos das represas

hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. In: KOHLHEPP, G., SCHRADER, A., (eds.). *Homem e natureza na Amazônia*. Tübinger Geographischen Studien 95 (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika-Forschung 3). Tübingen, Alemanha: Geographisches Institut, Universität Tübingen, 1987. 507p., p. 367-385

- JURAS, A.A.. Programa de estudos da ictiofauna na área de atuação das centrais elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE). Brasília: ELETRONORTE, 1988. 48 p. e Anexos.

- KELLER, M., KAPLAN, W.A., WOFSEY, S.C.. Emissions of  $N_2O$ ,  $CH_4$  and  $CO_2$  from Tropical Forest Soils. *Journal of Geophysical Research*, 91, v.11, 802 p., p. 791-11.

- LEITE, R.A.N., BITTENCOURT, M.M.. Impacto de hidroelétricas sobre a ictiofauna amazônica: o exemplo de Tucuruí. In: VAL., A.L., FIGUOLO, R. FELDBERG, E. (eds.). *Bases Científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia: fatos e perspectivas*. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), v.1. 440 p., p. 85-100, 1991.

- LOPES, M.. Hoje Eletronorte não construiria Balbina. 1986. *A Crítica*, Manaus, p. 8, 18 jul.de 1987.

- LOVEJOY, T.E., RANKIN, J.M., BIERREGAARD, R.O., et. al.. Ecosystem decay of Amazon Forest Remnants. In: NITECKI, M.H. (ed.). *Extinctions*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1984. p. 295-325.

- MEIRA FILHO, L.G., FEARNSIDE, P.M. TARDIN, A.T.. Extent and Rate of Deforestation in Brazil's Amazon Forest: Unbiased Estimates from LANDSAT Surveys (em preparação).

- MELCHIADES FILHO. Balbina: um escândalo ecológico. *Universidade de São Paulo Jornal do Campus*, São Paulo, n. 59, p. 4-5, 25 nov. 1987.

- MERONA, B. de. Les peuplements de poissons et la pêche dans le bas Tocantins (Amazonie Brésilienne) avant la fermeture du barrage de Tucuruí. *Verhandlungen Internat. Verein. Limnol*, v. 22, p. 2698-2703, 1985.

- MERONA, B. de, CARVALHO, J.L. de, BITTENCOURT, M.M.. Les effets immédiats de la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil) sur l'ichtyofaune en aval. *Revue d'Hydrobiologie Tropical*, 20, v. 1, p. 73-84.

- MONOSOWSKI, E.. Brazil's Tucuruí Dam: Development at Environmental Cost. In: GOLDSMITH, E., HILDYARD, N. (comp.). *The Social and Environmental Effects of Large Dams*. Camelford, U.K: Wadebridge Ecological Centre, 1986. v. 2, Case Studies. 331 p., p.191-198

- ———. Lessons from the Tucuruí Experience. *Water Power and Dam Construction*. February. 1990, p. 29-34.

- MOONEY, H.A., VITOUSEK, P.M, MATSON., P.A.. Exchange of

- MYERS, N.. An Expanded Approach to the Problem of Disappearing Species, *Science*, v. 193, p. 198-202.

- ODINETZ-COLLART, O.. La pêche crevettiere de *Macrobrachium damazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins, apres la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Revue d'Hidrobiologie Tropical*, 20 v. 2, p. 131-144.

- PAIVA, M.P. The Environmental Impact of Man-Made Lakes in the Amazonian Region of Brazil. Rio de Janeiro: Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás) Diretoria de Coordenação, 1977, 69 p.

- REVILLA CARDENAS, J.D.. Estudos de ecologia e controle ambiental da região do Reservatório da UHE Tucuruí. Convênio: ELN/CNPq/INPA de 30/01/80; Relatório Setorial, Segmento Controle de Macrófitas Aquáticas de Povoamento Marginal com Espécies de Igapó. Período jan./jun. 1986. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1986a, 25 p.

- Estudos de ecologia e controle ambiental da região do reservatório da UHE Balbina, Convênio: ELN/MCT/CNPq/INPA de 01/07/82; Relatório Setorial, Segmento Estimativa da Fitomassa. Período jul./dez. 1986. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 1986b, 73 p.

- ROBERTSON, B.A.. Composição, abundância e distribuição de Cladocera (Crustacea) na região de água livre da represa de Curuá-Una, Pará. Manaus: Tese de mestrado em biologia de água doce e pesca interior, Universidade do Amazonas & Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). 1980, INPA, 105 p.

- SANTOS, L.A.O., Andrade, L.N.M. de. (compiladores). As hidrelétricas do Xingú e os povos indígenas. São Paulo: Comissão Pró-Índio de São Paulo, 1988, 196 p.

- SAUTCHUK, J. (diretor). Balbina, destruição e morte. Brasília: Câmara 4 Comunicação e Arte Ltda., 1988, Vídeo.

- TADEI, W.P., SCARPASSA, V.M., RODRIGUES., I.B.. Evolução das populações de *Anopheles* e de *Mansonia*, na área de influência da Usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará). *Ciência e Cultura*, v. 43, n. 7, 1991, suplemento, p. 639-640.

- VISÃO. Balbina: economia de petróleo na Amazônia, p. 30-33, 16 jul. 1986.

- WASSMANN, R., THEIN, U.G.. Spatial and Seasonal Variation of Methane Emission from an Amazon Floodplain Lake. Trabalho apresentado ao Workshop on Cycling of Reduced Gases in the Hydrosphere. Munich, Germany, SIL Congress, 17 ago. 1989, manuscrito, 8 p.