

The text that follows is a TRANSLATION  
O texto que segue é uma TRADUÇÃO

# **A hidrelétrica de Samuel: Lições para as políticas de desenvolvimento energética e ambiental na Amazônia**

Please cite the original article:  
Favor citar o trabalho original:

**Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam:  
Lessons for hydroelectric development  
policy and the environment in Amazonia.  
*Environmental Management* 35(1): 1-19.  
Doi: 10.1007/s00267-004-0100-3**

Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br>

# **A HIDRELÉTRICA DE SAMUEL: LIÇÕES PARA AS POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO E AMBIENTAL NA AMAZÔNIA**

Philip M. Fearnside  
Instituto Nacional de Pesquisas  
da Amazônia (INPA)  
C.P. 478  
69011-970 Manaus-Amazonas

Fax: (92)-642-8909  
E-MAIL: PMFEARN@INPA.GOV.BR

22 de março de 2004  
15 de maio de 2004

## RESUMO

A implantação da Hidrelétrica de Samuel, que formou um reservatório de 540 km<sup>2</sup> no Estado de Rondônia em 1988, fornece lições para tomada de decisões sobre desenvolvimento em toda a Amazônia e em outras áreas tropicais. A decisão para construir a barragem foi influenciada, pesadamente, por seu papel nas estratégias políticas dos principais atores na tomada da decisão. A Hidrelétrica de Samuel ilustra de um lado, os impactos e do outro os benefícios da geração de eletricidade e os dilemas que confrontam os tomadores de decisão, com relação às várias opções planejadas. Custos ambientais incluíram a inundação de floresta e o estímulo à exploração ilegal de madeira em toda a Amazônia ocidental por causa de uma exceção aberta na proibição de exportação de madeira em tora, para permitir a exportação de toras da área correspondente à hidrelétrica de Samuel. Em 1990, Samuel emitiu 11,6 vezes mais gases de efeito estufa do que teria sido emitido gerando a mesma energia a partir de petróleo. Nos anos subseqüentes, até o ano 2000, estas emissões diminuíram para um patamar estável em um nível ainda 2,6 vezes maior que a emissão da alternativa de combustível fóssil. Contaminação de peixe no reservatório resultou da metilização com mercúrio (Hg) presente no solo. Custos sociais da represa incluíram o reassentamento de 238 famílias de agricultores. Impactos sobre povos indígenas foram indiretos. Medidas mitigatórias incluíram salvamento de fauna e criação de uma reserva florestal. As lições obtidas a partir da instalação da Hidrelétrica de Samuel incluem a necessidade de considerar alternativas antes de tomar decisões na prática e a importância de aderir à seqüência lógica de tomada de decisão, onde as informações são colhidas e avaliadas antes da decisão. Adicionalmente, a implantação de Samuel também mostra a necessidade de flexibilização como política desenvolvimentista quando os custos e os benefícios de alternativas diferentes mudam, significativamente, ao longo do tempo em que a obra está sendo planejada e executada, como aconteceu com o projeto da Hidrelétrica de Samuel.

**PALAVRAS CHAVES: Amazônia, Represas, Efeito estufa, Hidrelétricas, Reservatórios, Metano**

## INTRODUÇÃO

A construção de barragens hidrelétricas é um das atividades mais controversas que afetam o caminho de desenvolvimento nos países tropicais e estas obras são uma grande causa de problemas ambientais e sociais. Na Amazônia brasileira, a lista completa de 79 barragens planejadas (independente a data esperada da construção de cada uma) inundaria, de forma direta, aproximadamente 3% da floresta amazônica brasileira (Brasil, ELETROBRÁS, 1987, p. 150, veja Fearnside 1995). Decisões sobre projetos hidrelétricos futuros desencadeiam seqüências de eventos com impactos que ultrapassam as fronteiras imediatas das barragens e dos reservatórios.

Em maio de 2001, o Brasil entrou em uma "crise energética", começando com blecautes descontrolados em grandes

idades, como São Paulo e Rio de Janeiro. Por sua vez, o governo tenta implementar uma série de medidas de emergência para reduzir consumo de eletricidade. No entanto, a "crise" era o resultado combinado do mau planejamento da infra-estrutura para geração de eletricidade, ineficiente uso doméstico e industrial, do subsídio governamental para produtos de exportação que necessitam elevado consumo de energia (como o alumínio) e, naturalmente, devido à baixa precipitação nas bacias hidrográficas das represas. Entre as medidas implementadas era uma abreviação do processo de revisão ambiental para nova infra-estrutura relacionada à energia, inclusive barragens hidroelétricas, a partir de 18 de maio de 2001 (veja: *Gazeta Mercantil*, 2001). Isto faz com que seja mais difícil evitar impactos ambientais na medida em que o Brasil prossegue com seu programa ambicioso de construção de barragens na Amazônia. As novas medidas também, evidentemente, deveriam acrescentar com urgência as lições que podem ser aprendidas a partir das experiências passadas na região amazônica, tais como a implantação da Samuel.

[Figura 1 aqui]

A barragem de Samuel está situada no Rio Jamari na Cachoeira de Samuel (8° 45', 63° 25'W), 52 km da cidade de Porto Velho, Rondônia (Figura 2). A área do reservatório, na época quando foi inundada, era quase toda sob floresta tropical primária. A bacia hidrográfica de 15.280 km<sup>2</sup> (Brasil, ELETRONORTE s/d [C. 1987]) é relativamente pequena, apenas 24 vezes maior que a área do próprio reservatório. A vazão do Rio Jamari está, conseqüentemente, limitada, com um fluxo anual médio de 366 m<sup>3</sup>/s (Brasil, ANEEL, 2003). Isto restringe a energia produzida a um máximo teórico de 76,0 MW de geração média se toda água fosse usada sob condições ótimas, considerando o engolimento de 171 m<sup>3</sup>/s por turbina com uma capacidade nominal de 44,41 MW e um fator de carga de 0,80 (Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1987]). A usina tem 216 MW de capacidade instalada.

[Figura 2 aqui]

Os números supracitados, relativos a Samuel, são instrutivos quando comparados com os indicadores de outras barragens existentes na Amazônia brasileira, como uma indicação dos méritos relativos dos projetos (Tabela 1). A densidade energética (Watts de capacidade instalada por m<sup>2</sup> de superfície de reservatório) é um indicador útil do impacto ambiental: quanto mais baixa a densidade, mais alto o impacto. O tempo de residência média (dias que a gota de água permanece no reservatório) é relacionado à qualidade da água: quanto mais longo o tempo de residência, pior a qualidade da água, implicando na diminuição nas concentrações de oxigênio e aumento nas concentrações de metano. Profundidade média rasa também é uma indicação de impacto alto, já que destrói muita floresta para pouca produção de energia.

Tabela 1. Comparação de Indicadores Ambientais de Barragens Existentes na Amazônia brasileira

| Barragens                               | vegetação predominante | Ano enchido | Rio       | Estado                | Área oficial (km <sup>2</sup> ) | Capacidade Instalada (MW) | Densidade energética (W/m <sup>2</sup> ) | Média profundidade (m) | Tempo de residência (dias) | Referências |
|---|------------------------|-------------|-----------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|--|------------------------|----------------------------|-------------|
| Samuel                                  | Floresta               | 1988        | Jamari    | Rondônia              | 540                             | 216                       | 0,40                                     | 8,4                    | 143,3                      |             |
| Balbina                                 | Floresta               | 1987        | Uatumã    | Amazonas              | 2.360                           | 250                       | 0,11                                     | 4,8                    | 200,4                      | (a)         |
| Tucuruí-I                               | Floresta               | 1984        | Tocantins | Pará                  | 2.430                           | 3.960                     | 1,63                                     | 20,2                   | 51,3                       | (b, c)      |
| Curuá-Una                               | Floresta               | 1977        | Curuá-Una | Pará                  | 78                              | 40                        | 0,74                                     | 6,1                    | 30                         | (d, e)      |
| Jatapu Luis Eduardo Magalhães (Lajeado) | Floresta               | 1994        | Jatapu    | Roraima               | 45                              | 5                         | 0,11                                     | 4,4                    | 39,3                       | (f)         |
| Manso                                   | Cerrado                | 2000        | Tocantins | Tocantins Mato Grosso | 630                             | 900                       | 1.43                                     |                        |                            | (g)         |
| Coaracy-Nunes                           | Cerrado                | 2000        | Manso     | Grosso                | 387                             | 210                       | 0,54                                     | 19,1                   | 502,6                      | (h)         |
| Pitinga                                 | Floresta               | 1975        | Araguari  | Amapá                 | 23                              | 68                        | 2,96                                     |                        |                            | (e)         |
| Pitinga                                 | Floresta               | 1984/1990   | Pitinga   | Amazonas              | 54/81                           | 10/23                     | 0.19/0.28                                | 3.5/5.6                | 25.7/60.6                  | (i)         |

<sup>a</sup>Fearnside, 1989a<sup>b</sup>Fearnside, 1999a<sup>c</sup>Fearnside, 2001a<sup>d</sup>Junk & de Mello, 1987<sup>e</sup>Tundisi *et al.*, 2003<sup>f</sup>Fearnside & Barbosa, 1996<sup>g</sup>da Rosa and Cardoso, 1993; Coalizão Rios Vivos, 1999<sup>h</sup>Furnas, 2004<sup>i</sup>Mineração Taboca S/A & Perfil S/A, 1990

Deveria lembrar-se que barragens em locais separados por longas distâncias (como na Tabela 1) não são opções que competem pelo papel pré-enchido por Samuel como uma fonte de energia para Rondônia. Porém, entre os projetos hidrelétricos propostos em Rondônia, Samuel compara mal em termos de custo por quilowatt de capacidade instalada e, também tem uma baixa densidade energética (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de barragens propostas em Rondônia

| Barragem         | Rio              | Capacidade Instalada (MW) | Área do Reservatório | Densidade energética | Data base do custo | Custo de construção                            |                          |            |
|------------------|------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--|--------------------------|------------|
|                  |                  |                           |                      |                      |                    | Custo, sem linha de transmissão (US\$ milhões) | Custo unitário (US\$/kW) | Referência |
| Samuel           | Jamari           | 216                       | 540                  | 0,40                 | Dez. 91            | 965  | 4.580,2                  | (a)        |
| Barão de Melgaço | Barão de Melgaço | 105                       |                      |                      | Jun. 86            | 316  | 2.960,8                  | (a)        |
| Tabajara         | Ji-Paraná        | 725                       |                      |                      | Jun. 85            | 721,8  | 995,3                    | (a)        |
| Ji-Paraná        | Ji-Paraná        | 512                       | 957                  | 0,54                 | Dez. 91            | 812,3  | 1.563,5                  | (b)        |
| Monte Cristo     | Jamari           | 58,4                      | 243                  | 0,24                 | Abril 78           | 74,7   | 1.279,3                  | (c)        |
| Santo Antônio    | Madeira          | 3.580                     | 138                  | 25,94                | Jun. 05            | 4.000  |                          | (d)        |
| Jirau            | Madeira          | 3.900                     | 110                  | 35,45                | Jun. 05            |  | 534,8                    | (d)        |

<sup>a</sup>Brasil, ELETROBRÁS, 1993, Vol. 2

<sup>b</sup>Brasil, ELETRONORTE, 1987

<sup>c</sup>Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1985]

<sup>d</sup>Machado, 2003

Embora opções de construir mais hidrelétricas em locais distantes não estivessem em competição direta com Samuel como uma solução, em potencial, para fornecer energia a Rondônia, indiretamente, elas competem, pelo menos, de dois modos. Primeiro, a opção de unir Rondônia à rede elétrica nacional e, por conseqüente, suprir a demanda a partir de locais geradores mais distantes era completamente possível. Embora as distâncias envolvidas representassem uma barreira maior à tecnologia de transmissão que existia na época da decisão para construir a barragem de Samuel do que seria o caso poucos anos depois. Segundo, os projetos hidrelétricos potenciais competem com outros lugares no sentido de oferecer a opção de investir verbas em lugares onde as barragens teriam energia mais barata e impacto ambiental menor, e continuar fornecendo eletricidade a Rondônia de usinas termoelétricas a óleo. A situação diante os tomadores de decisão quanto à construção de Samuel foi semelhante aquela da decisão para construir a Hidrelétrica de Balbina em vez da Hidrelétrica de Cachoeira Porteira, que teria sido maior, porém mais distante, que Balbina (Fearnside, 1989a). Em ambos os casos, não foi considerada a opção de usar geração a óleo como uma ponte para fornecer energia até que uma fonte de energia mais atraente pudesse ser desenvolvida.

O presente artigo contextualiza o cenário político no qual a decisão foi tomada para construir a Hidrelétrica de Samuel, seus custos e benefícios monetários, ambientais e sociais, e as medidas mitigatórias. O caso de Samuel deixa clara a existência de impedimentos múltiplos para que seja

seguida a seqüência lógica, onde são calculados os custos e os benefícios, para depois comparar estes custos e benefícios antes de tomar uma decisão sobre a implantação do projeto, esta decisão sendo tomada nos melhores interesses dos residentes da área e os seus descendentes. Seja a Hidrelétrica de Samuel projeto merecedor ou não, o processo de tomada de decisão oferece lições importantes para desenvolvimentos hidrelétricos pendentes em Rondônia e em muitos outros locais da Amazônia e do Mundo.

## **Tomada de Decisão**

### Contexto político da Decisão

Quando começou a construção da barragem de Samuel em 1982, o Brasil ainda era governado por uma ditadura militar que restringiu discussão pública desses assuntos. Porém, uma "abertura" política estava em curso desde 1979 em preparação para uma transição à democracia, e o Território Federal de Rondônia figurou de forma marcante nos planos dos líderes militares para efetuar esta transição enquanto mantendo a sua influência no governo do País. A Rondônia era, tradicionalmente, um território federal administrado pelo Exército, os outros dois territórios amazônicos sendo administrados pelas outras filiais militares (Roraima pela força aérea e Amapá pela Marinha). Jorge Teixeira, o governador exército-designado de Rondônia, era um coronel de Exército, completamente comprometido na preparação de Rondônia para se tornar um estado. Por sua vez, o projeto POLONOROESTE do Banco Mundial era uma parte fundamental da estratégia, a pavimentação da Rodovia BR-364 e o encorajamento de migração a Rondônia, dando a justificativa política para o Congresso Nacional aprovar a criação de um estado novo. Ademais, esse esforço também resultaria na dependência quase completa dos recém-chegados à generosidade do governo em fornecer terra, estradas de acesso, financiamento agrícola e outros subsídios faria com que os colonos apoiassem os candidatos do partido político apoiado pelo Exército (o então Partido Democrático Social: PDS). O acordo feito para conceder a condição de estado em 1984 criou o estado novo (assim ganhando três cadeiras no Senado e respectiva representação na Câmara dos Deputados), enquanto permitia o governador designado ("governador biônico") permanecer com mandato durante quatro anos adicionais sem ter que enfrentar uma primeira eleição (por exemplo, *Isto É*, 1984).

Na hora da passagem de Rondônia a condição de estado, o ministro do interior, o Sr. Mario Andreazza, que era mais conhecido por ter promovido a construção da Rodovia Transamazônica, em 1970 e, por sua famosa afirmação de que "não vai deixar um punhado de índios atrapalhar o desenvolvimento do Brasil" (veja Fearnside, 1986b). Desta forma, tornar Rondônia em um estado era uma meta importante para Andreazza, que esperava ser escolhido como presidente da república pelo colégio eleitoral que continuou escolhendo de forma indireta os presidentes brasileiros até 1984. Andreazza havia preparado a candidatura dele desde então, por meio da



promoção de obras de infra-estrutura nos anos sessenta, quando, durante as suas viagens como ministro dos transportes, ele percebeu a popularidade duradoura que a construção de obras havia trazido ao ex-presidente Juscelino Kubitschek (Branco, 1984). Portanto, construir a barragem de Samuel, além da Rodovia BR-364, era uma parte essencial de sua estratégia. A influência de indivíduos fundamentais no processo de decisão deve ser reconhecida: como o chefe da Divisão da América Latina e do Caribe do Banco Mundial (Robert Skillings) observou sobre a aprovação do Banco ao Projeto POLONOROESTE, era "difícil dizer 'não' para o Andreazza".

Jorge Teixeira (o governador de Rondônia designado pelo exército) também era um homem cuja personalidade influenciou o curso da história na região. A sua habilidade para realizações administrativas era muito apreciada no Banco Mundial, onde ele era conhecido como o único homem que conseguiu convencer o Banco em financiar um cemitério (neste caso quando ele era o prefeito de Manaus, antes de ser designado o governador de Rondônia). Com desenvolvimentos de ex-pára-quadista voluntário na Guerra de Vietnã, seu estilo foi visto como ideal para domesticar o caos social da Rondônia, que freqüentemente era comparado ao "farol" do 19º Século nos Estados Unidos. A promoção incansável do governador Jorge Teixeira para o desenvolvimento de Rondônia, indubitavelmente, ajudou a convencer os tomadores de decisão, tanto em Brasília quanto nos bancos multilaterais de desenvolvimento a investirem mais em Rondônia, inclusive na Hidrelétrica de Samuel, do que seria justificado somente com base dos custos e benefícios financeiros, sociais e ambientais.

#### Avaliação de Impacto ambiental

A Hidrelétrica de Samuel estava em construção antes do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) se tornarem obrigatórios no Brasil em 23 de janeiro de 1986. Tampouco foram requeridas audiências públicas para projetos que já estavam em construção em 1986. Não obstante, a ELETRONORTE contratou uma série de estudos ambientais (veja discussão mais adiante). Enquanto, a cláusula que isentava projetos já em construção, como no caso da Hidrelétrica de Samuel, das exigências do EIA e do RIMA sempre foram enfatizada na época, é curioso observar que hoje, anos depois, os websites de ambos, ELETRONORTE (s/d [2003]) e da empresa consultora responsável pelos estudos ambientais (Sondotecnica, s/d [2003]) apresentam os estudos como o primeiro EIA/RIMA para uma barragem de ELETRONORTE.

Um aspecto fundamental da decisão para construir a Hidrelétrica de Samuel, para qual não há nenhuma indicação de que foi dada alguma consideração, é uma avaliação de meios alternativos de fornecimento de energia, assim como qualquer re-avaliação ao longo do processo prolongado de planejamento e construção visando rever os planos na medida em que as opções disponíveis mudaram. Por exemplo, deveria ter construído uma linha de transmissão de Cuiabá, assim conectando a Rondônia com a rede nacional? A tecnologia de transmissão de energia

melhorou muito nos anos ao longo dos quais a Hidrelétrica de Samuel estava em construção (Cais & Vaccari, 1986). A existência do projeto de Samuel tirou o ímpeto para construir uma linha de transmissão e prover uma fonte maior de energia para esta parte da Amazônia? Outro acontecimento relevante que ocorreu durante o período da construção da hidrelétrica foi a descoberta, em 1986, de gás natural na bacia do rio Urucu, dois anos antes do reservatório de Samuel começar a encher. Planos atuais para infra-estrutura incluem tanto um gasoduto de Urucu até Porto Velho e uma linha de transmissão para Cuiabá, assim como barragens adicionais, significando que podem ser provocados os impactos ambientais de todos estes projetos, além dos impactos já causados pela Hidrelétrica de Samuel.

### O Papel da Pesquisa

O papel de pesquisa em Samuel se tornou um assunto público em 1986 quando um relatório de consultoria sobre o assunto pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) foi vazado à imprensa. O relatório, de autoria de Zeli Kacowicz, acusou o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) de produzir "relatórios assépticos... que nem mesmo arranham a previsão de impactos ambientais decorrentes das construção das usinas [hidrelétricas]..", e concluiu que os relatórios superficiais e não críticos eram devido à "necessidade" do INPA "assinar este convênio com a ELETRONORTE para, a partir dos poucos recursos passados por esta empresa, dispor de capital de custeio para pagamento de suas contas de luz, água e telefone" (Kacowicz, 1985; *Jornal do Comércio*, 1986a). Naquela oportunidade, Herbert O.R. Schubart, diretor de INPA na época das denúncias do relatório do CNPq (porém, não quando o contrato foi assinado em 1980 para o trabalho do INPA em Samuel), embora contestando o tom "alarmista" do relatório, confirmou os fatos fundamentais do relatório e declarou que "na verdade, em um período de crise, a ELETRONORTE usou o nome do INPA para se proteger das críticas que estavam sendo feitas pela comunidade" (*Jornal do Comércio*, 1986a).

O arranjo por meio do qual o INPA colecionou dados crus que eram, então, usados como base de relatórios elaborados por uma empresa consultora, teve o resultado de facilitar relatórios não críticos, enquanto dava ainda a ELETRONORTE uma vantagem adicional de fazer uso do nome de INPA para sustentar a credibilidade do projeto. Assim, como em Balbina e em Tucuruí, cláusulas de sigilo no contrato permitiram ELETRONORTE vetar a publicação ou apresentação pública de qualquer resultado inconveniente (Fearnside, 1989a, 2001a). Esta combinação tendia a levar a problemas do tipo divulgado no "Relatório Kacowitz" sobre a pesquisa na Hidrelétrica de Samuel.

Com o passar dos anos, mesmo correndo melhorias no sistema de avaliação de impacto ambiental, a relevância da experiência do INPA em Samuel para estudos ambientais de projetos de infra-estrutura contemporâneos tem sido evidente. O estudo de impacto ambiental para a Hidrovia do Tocantins-

Araguaia (FADESP, 1996a,b), realizado pela Universidade Federal do Pará (UFPA), foi assunto de críticas contínuas e de contestação legal (Switkes, 2002; veja Fearnside, 2001b). As críticas aos relatórios de UFPA e a dependência financeira em contratos consultores são quase idênticas àquelas constatadas no "Relatório Kacowicz" sobre o trabalho do INPA em Samuel uma década antes.

### O Papel do Banco Mundial

Antes da construção de Samuel começar, Robert Goodland (1980), então chefe da minúscula unidade ambiental do Banco Mundial (composta por apenas três pessoas), tinha apontado Samuel como um exemplo de uma barragem com impacto ambiental altíssimo quando considerada a energia que geraria. Porém, na época os assuntos ambientais tinham peso pequeno nas decisões do Banco Mundial, e Goodland era o único ecólogo profissional no quadro funcional do Banco, em contraste com aproximadamente 3.000 economistas.

A Hidrelétrica de Samuel era, intimamente, associada com o Projeto POLONOROESTE, financiado pelo Banco Mundial (World Bank, 1981). O POLONOROESTE reconstruiu e pavimentou a Rodovia BR-364 em 1982, abrindo assim propositalmente o Território de Rondônia para uma "inundação" de migrantes oriundos do Estado de Paraná. O Projeto POLONOROESTE se tornou um dos maiores embaraços ambientais do Banco Mundial, levando à criação do Departamento do Meio Ambiente dentro do Banco Mundial em maio de 1987 (Holden, 1987), menos de 48 horas depois que uma apresentação crítica do projeto foi exibida no programa de televisão "60-minutos" nos Estados Unidos. O POLONOROESTE causou grande aumento no desmatamento e impactos severos sobre os povos indígenas (Fearnside, 1986c, 1987a,b, 1989b; Schwartzman, 1986). Anunciando a criação do Departamento de Ambiente, o presidente do Banco Mundial (Barber Conable) descreveu POLONOROESTE como "um exemplo sóbrio de um esforço ambientalmente bom que deu errado" (Holden, 1987).

Enquanto a Hidrelétrica de Samuel estava em construção, o sentido de culpa no Banco Mundial com relação a POLONOROESTE era patente, e o projeto PLANAFORO foi financiado como uma tentativa para desfazer parte do dano do empréstimo anterior. A Hidrelétrica de Samuel não teria sido necessário se não houvesse o grande fluxo de migrantes provocado pelo POLONOROESTE, assim levando a discussões angustiadas no Banco em sobre a Samuel e os seus impactos (observação pessoal). É considerado que todo o Estado de Rondônia esteja na área de influência de POLONOROESTE.

Embora a Hidrelétrica de Samuel não tenha sido financiado como um projeto do Banco Mundial, em meados de 1986, o Banco Mundial aprovou um "empréstimo de setor" de US\$500 milhões para fornecer equipamentos importados ao setor elétrico em todo Brasil (por exemplo, Schwartzman & Melone, 1987). Diferente de "empréstimos de projeto", projetos individuais dentro do setor não estão sujeito à revisão ambiental no caso de empréstimos de setor, assim permitindo que recursos do Banco Mundial sejam

usados em Samuel.

## **Contexto de Desenvolvimento de Energia em Rondônia**

### Demanda de eletricidade

Eletricidade é fundamental para a vida moderna, tanto nas residências quanto na maioria das atividades que geram postos de trabalho. A urbanização está, intimamente, ligada à eletricidade, com áreas urbanas oferecendo acesso muito mais universal à eletricidade para os seus residentes, assim como atraindo usuários comerciais e industriais exigentes em eletricidade. A disponibilidade de eletricidade residencial e a possibilidade do emprego em atividades econômicas urbanas que dependem da eletricidade representam duas das razões primárias para movimento de população da zona rural para áreas urbanas. Nos anos setenta, Rondônia era uma das áreas com taxa de crescimento urbano mais rápido em todo Brasil. A população de Porto Velho cresceu a uma taxa média de 7,6%/ano de 1970 a 1991, mais que quadruplicando ao longo daquele período (Browder & Godfrey, 1997, p. 127). Uso da eletricidade em Rondônia estava crescendo explosivamente, antes da decisão para construir a Hidrelétrica de Samuel, tendo crescido de 5,8 GWh em 1970 para 145 GWh em 1980 (Machado & Souza, 2003, p. 218). A provisão precária de eletricidade de geradores a diesel foi reconhecida como uma limitação fundamental no desenvolvimento de Rondônia (World Bank, 1981). O fornecimento esporádico de eletricidade era, na época, uma das reclamações mais frequentes dos donos de serraria (observação pessoal). Uma sucessão de indústrias em Rondônia foi implantada para processar produtos florestais e agrícolas, pelo menos enquanto que os recursos produtivos durassem. A madeira era um dos produtos principais em áreas de fronteira em todo o Estado de Rondônia (Browder, 1986), muito embora estas serrarias abandonavam áreas sucessivas na medida em que o estoque de madeira de lei ia se exaurindo. Outro recurso natural, a mineração de cassiterita (estanho) também foi importante nos anos oitenta quando o preço do estanho era muito mais alto do que é hoje. Por outro lado, em algumas áreas já desmatadas, a pecuária de leite se tornou uma indústria importante que depende de beneficiamento local (Faminow, 1998). No componente agrícola, o cultivo da soja, uso da terra que está se expandindo rapidamente nos dias atuais, ainda é dependente de beneficiamento fora do Estado (Fearnside, 2001b).

Os benefícios sociais da Hidrelétrica de Samuel são significantes, em que a energia é toda consumida localmente (Browder & Godfrey, 1997, p. 326-329). Isto contrasta com barragens como Tucuruí onde a maior parte da eletricidade gerada é usada por companhias multinacionais de alumínio. As atividades industriais em Rondônia também foram de uso, relativamente, pouco intensivo de energia, pelo menos quando comparadas com usos como o beneficiamento de alumínio. O contexto social de desenvolvimento de energia em Rondônia pode mudar, radicalmente, num futuro próximo se obras planejadas são construídas para transformar este Estado em um grande

exportador de energia para o resto do Brasil.

### **Geração de Eletricidade planejada**

#### Barragens no Rio Jí-Paraná

A pequena capacidade geradora da Hidrelétrica de Samuel deixou óbvio, desde o começo do processo de planejamento para a referida barragem, que seria necessário encontrar fontes adicionais de energia elétrica. Foram elaborados planos para a Barragem de Ji-Paraná no Rio Ji-Paraná (Machado) de Rondônia a um de três locais selecionados para barragens naquele rio. A Barragem de Ji-Paraná criaria um reservatório de 957 km<sup>2</sup> (Brasil, ELETRONORTE, 1987), e inundaria 107 km<sup>2</sup> (6%) da Área Indígena Lourdes (das tribos Gavião e Arara), mais 37,7 km<sup>2</sup> (1,4%) da Reserva Biológica Jarú (Brasil, ELETROBRÁS, 1986, p. 6.23). Alguns dos planos anteriores teriam inundado até 60% desta reserva (Brasil, ELETRONORTE, 1987). Porque o Banco Mundial financiou estas reservas sob o Projeto POLONOROESTE, emprestar verbas para financiar a sua inundação sob um empréstimo proposto para construir a Barragem de Ji-Paraná foi descrito como "pura loucura" pelo diretor executivo do Banco Mundial, dos EUA, em uma tentativa mal sucedida para bloquear a aprovação do primeiro empréstimo setorial de energia para o Brasil em 1986 (Foster, 1986). Foram paralisadas as preparações para a Barragem de Ji-Paraná em 1989, supostamente porque a geração de energia a partir de gás natural estava para começar. Atualmente, parece improvável que a Barragem de Ji-Paraná seja construída, porque o custo imobiliário seria muito alto, já que a terra a ser inundada está quase toda localizada em uma área de assentamento. Porém, a reativação de preparativos para construção desta barragem foi recomendada recentemente em um relatório patrocinado pelo projeto PLANAFLORO, financiado pelo Banco Mundial (Bartholo Jr. & Bursztyń, 1999, p. 160-164). Este relatório também recomenda retomar os estudos de viabilidade para as outras duas barragens identificadas no Rio Jí-Paraná.

#### Barragens no Rio Madeira

O Rio Madeira, embora apenas um afluente do Rio Amazonas, é um dos grandes rios do Mundo, com uma vazão de água igual ao do Rio Yangzi na China. No trecho de 320 km entre Guajará-Mirim e Porto Velho o rio desce 60 m em elevação, com uma vazão média de 20.000 m<sup>3</sup>/s. Isto cria a oportunidade para grandes barragens hidrelétricas, apesar do problema de uma pesada carga de sedimentos no Rio Madeira.

Um relatório de preinventário foi completado para uma barragem na Cachoeira Teotônio ou na adjacente Cachoeira Santo Antônio (hoje o local preferido é a Cachoeira Santo Antônio), 25 km sudoeste de Porto Velho. Foram feitos vários planos, variando de 1.000 até 8.000 MW. A barragem prevista no Plano 2010 teria 3.800 MW (Brasil, ELETROBRÁS, 1987). As configurações maiores incluem inundação na Bolívia, enquanto os menores só inundariam no Brasil.

Raramente, foram mencionadas barragens no Rio Madeira até 1997 e 1998, quando o plano "Úmidas" foi preparado dentro do Projeto PLANAFLORO, para sugerir direções para o desenvolvimento de Rondônia até 2020. Embutido em uma discussão prolongada de desenvolvimento sustentável, a proposta mais concreta do plano era para fazer de Rondônia um exportador de eletricidade para o centro-sul brasileiro (Bartholo Jr. & Bursztyn, 1999, p. 160-164). Uma parte fundamental disto seria apressar os trabalhos para determinar a viabilidade de represas no Rio Madeira, especialmente, a Hidrelétrica de Santo Antônio [8°, 48' 52,4" Sul, 63° 53' 41,3" Oeste]. Outras recomendações eram ampliar a usina térmica gás natural planejada em Porto Velho, que usaria gás natural de Urucu, retomar estudos para barragens hidrelétricas no Rio Ji-Paraná, com uma divisão sugerida da queda em mais barragens que as três atualmente planejadas (com um total de 1.295 MW de capacidade instalada), aproveitar os 241 MW de potencial inventariado para 64 pequenas barragens hidrelétricas em Rondônia para as quais ELETROBRÁS/ELETRONORTE fez estudos preliminares. Além de exportar energia para São Paulo, o plano sugere atrair indústrias para Rondônia. O projeto Úmidas é endossado pelo governo do Estado de Rondônia e por partes do governo federal. Com esta combinação de fatores, está faltando apenas o financiador.

Durante o "apagão" (grande blecaute) em 2001, com o racionamento de eletricidade em vigor na maior parte do país, subitamente, planos para barragens no Rio Madeira tornaram-se proeminentes no Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Esses planos foram considerados dentro de uma perspectiva de instalação de 6.300 MW para a Hidrelétrica de Santo Antônio e de 4.200 MW para a Hidrelétrica de Jirau [9° 15' 47,9" Sul, 64° 43' 52,4" Oeste], uma barragem mais a montante (Corrêa, 2001).

Em março de 2003, o governo anunciou planos de Furnas Centrais Elétricas e a empreiteira Odebrecht para construir barragens no Rio Madeira, com uma euforia no Ministério das Minas e Energia que foi descrita como se um novo campo petrolífero tivesse sido descoberto (*Jornal do Brasil*, 2003). No entanto, nas Hidrelétricas de Santo Antônio e de Jirau seriam reduzidas as respectivas capacidades instaladas em 43 e 7%, em comparação com os valores originalmente divulgados, a primeira hidrelétrica ficando em 3.580 MW (dos quais 2.185 seriam de energia firme) e a segunda em 3.900 MW (dos quais 2.285 seriam de energia firme); a construção começaria em junho de 2005 e geração teria início em 2009, com a conclusão da instalação de todas as turbinas prevista para 2012 (Machado, 2003). Os reservatórios seriam relativamente pequenos: 138 e 110 km<sup>2</sup>, respectivamente (Machado, 2003). O custo seria US\$4 bilhões, sem contar a linha de transmissão para ligar as barragens à rede nacional (Quintella, 2003). Uma barragem adicional na Bolívia (presumivelmente a Hidrelétrica Esperanza, de 1.500 MW, planejada no Rio Beni [10° 35' 11,5" Sul, 65° 35' 53,4" Oeste]) seria necessária para elevar a capacidade instalada até os níveis originalmente contemplados (Monteiro, 2003).

Inundar as corredeiras no Rio Madeira e abrir o trecho para navegação fluvial, esperado a transportar 50 milhões de toneladas de soja anualmente, são argumentos importantes para as barragens (Machado, 2003). Facilitar o transporte de soja implica perdas de floresta no Brasil e no norte da Bolívia (Fearnside, 2001b). Uma atração fundamental do plano também é que evita as barreiras reguladoras que atualmente impedem dois outros projetos de energia devido a liminares judiciais que requerem melhorias significativas nas avaliações de impacto ambiental: o gasoduto Urucu-Porto Velho (*A Crítica*, 2003) e a Hidrelétrica de Belo Monte, no Rio Xingu (Pinto, 2002). A barragem do Rio Madeira ofereceria uma alternativa ao gasoduto para fornecer energia para Rondônia e contribuiria energia hidrelétrica à rede nacional em uma escala que os planejadores tinham esperado obter rapidamente de Belo Monte.

### Gasoduto

Geração de eletricidade com gás de Urucu, situado a 500 km ao NW de Porto Velho, é uma prioridade máxima sob o programa Avança Brasil (Consórcio Brasileira, 1998). Este programa inclui o Plano Plurianual 2000-2003, além de um horizonte de planejamento indicativo até o fim de 2007. Avança Brasil investiria US\$43 bilhões na Amazônia, dos quais US\$20 bilhões seriam para infra-estrutura com impactos ambientais (veja: Carvalho *et al.* 2001; Fearnside, 2002b; Laurance *et al.*, 2001). É provável que o gasoduto resulte em aumentos significativos no desmatamento, já que pode ser esperado que migrantes seguem as estradas de acesso (Laurance *et al.*, 2001; Fearnside, 2002c; Gawora, 1998). Assim, o gasoduto abriria o acesso ao último grande bloco de floresta não perturbada na Amazônia brasileira, considerando que, em função da dificuldade de acesso, o desmatamento tem sido excluído quase completamente da porção do Estado do Amazonas ao oeste do Rio Madeira.

## **Custos da Hidrelétrica de Samuel**

### **Custos Monetários**

A Hidrelétrica de Samuel foi orçada em US\$835,97 milhões (Lobato, 1993). A construção começou em março de 1982 e a ELETRONORTE esperava ter todas as 5 turbinas instaladas até 1990. Demoras sucessivas devido a restrições orçamentárias, indubitavelmente, aumentaram os custos reais. A primeira turbina foi instalada em 24 de julho de 1989 e a última no dia 02 de agosto de 1996.

Uma variedade de problemas emergiu durante o processo de construção, quase sempre requerendo despesas adicionais, como por exemplo, o aparecimento de "canalículos" ou cavidades formadas por térmitas no solo debaixo da barragem (Júri, 1989). O problema foi resolvido através de construção de um rio acima manta de concreto para alongar o caminho de filtração (Cadman, 1989).

Nenhuma informação jamais foi liberada especificando o custo final da barragem e suas linhas de transmissão. Sob a suposição otimista que a barragem custou os US\$835,97 milhões originalmente orçados, o custo era US\$3.870 por quilowatt instalado ou, aproximadamente, igual à Balbina que também está em um rio pequeno em uma região plana, imprópria para desenvolvimento hidroelétrico (Fearnside, 1989a). Considerando uma cifra redonda de US\$1 bilhão para a construção da Hidrelétrica de Balbina, esta barragem custou US\$4.000 por quilowatt de capacidade instalada. Para fins de comparação, Tucuruí custou US\$675/quilowatt e Itaipú US\$1.206/quilowatt (Veja, 1987, p. 30).

Assim como em Balbina e Tucuruí, um aço especial foi usado nas turbinas, acrescentando custos à construção, mas estes custos poderiam ser recuperados devido aos custos evitados de manutenção provenientes da corrosão que a água ácida causa em aços comumente usados. O aço especial foi usado porque a Hidrelétrica de Curuá-Una tinha sofrido consertos e perda de geração por causa de corrosão das turbinas (Brasil, ELETROBRÁS/CEPEL, 1983). A Hidrelétrica de Samuel não teve nenhum problema com corrosão de turbinas.

#### Custos de oportunidade

O custo de uma represa, normalmente, é apresentado em termos do dinheiro gasto para construir a infra-estrutura e levar a cabo tarefas preparatórias necessárias, incluindo os estudos de viabilidade e o reassentamento. No entanto, o custo de oportunidade em sacrificar o uso da terra que teria ocupado o local se esse não fosse usado para uma represa também deveria ser parte da decisão sobre a construção uma barragem. Neste caso, a área estava coberta por floresta tropical, que tem um valor significativo por seus serviços ambientais (atualmente não compensado financeiramente), além de seu valor como uma fonte de matérias primas (Fearnside, 1999b, 2000). No entanto, a Hidrelétrica de Samuel se situa em uma das áreas com as taxas de desmatamento mais altas do planeta: na época quando a construção começou em 1982 a população de Rondônia estava crescendo exponencialmente à taxa de 16% por ano e as áreas desmatadas estavam se expandindo a mais de 29% por ano (ambos os valores referem ao período 1975-1985; veja: Fearnside, 1989b, p. 8), correspondendo a tempos de duplicação de somente 4,3 e 2,4 anos, respectivamente. Hoje, se a área não tivesse sido usado para um reservatório, provavelmente, seria uma paisagem dominada por pastagem degradada, como nas áreas vizinhas de assentamento. Poderia ser considerado, portanto, como tendo um custo de oportunidade por perda de floresta muito menor em Samuel do que em casos como a Hidrelétrica de Balbina, onde floresta foi inundada em uma área que quase certamente não teria sido desmatada na ausência da represa. No entanto, os migrantes que teriam se instalado em Samuel provavelmente acharam áreas de terra em outro lugar em Rondônia ou mesmo em outros estados amazônicos, onde eles poderiam derrubar a mesma quantidade de floresta. Visto deste modo, toda a área de floresta inundada por Samuel deve ser considerada como um custo.



Um custo de oportunidade financeiro também se aplica a decisões deste tipo. A Hidrelétrica de Samuel era um meio caro de abastecer energia ao Estado de Rondônia e, o estímulo de migração de população para Rondônia era uma escolha cara como resposta para os problemas sociais causados pela mecanização da agricultura e pela consolidação fundiária no Paraná (Fearnside, 1986a, 1987a). Dinheiro poderia ter sido usado de outros modos, assim criando maiores benefícios sociais. Além de despesas monetárias, o custo ambiental de usar Rondônia como uma válvula de escape para os problemas da posse da terra do Paraná era também tremendo.

O uso ineficiente do dinheiro contribui indiretamente a um dos maiores problemas da Amazônia: o estímulo ao desmatamento para especulação da terra. Durante os anos oitenta, enquanto a Hidrelétrica de Samuel estava sendo construída, os investidores especularam maciçamente em compras de terra como meio de fazer vantagem frente à inflação astronômica do Brasil (uma motivação para desmatamento que diminuiu em importância relativa de 1994 em diante, depois que o Plano Real reduziu a taxa de inflação). Esta inflação, em parte, foi abastecida por projetos mal concebidos que injetaram dinheiro na economia sem produzir um fluxo correspondente de produtos para consumidores comprarem com o dinheiro. Exemplos incluem barragens ineficientes e fazendas marginalmente produtivas na Amazônia. Especuladores desmatam nas áreas que eles compram como meio de proteger o investimento em terra contra perda por invasão por migrantes sem terra ou por expropriação pelo governo para fins de reforma agrária; eles plantam pastagens que, apesar de sua baixa produtividade, é o meio mais barato de ocupar uma grande área (Fearnside, 1993).

## **Custos ambientais**

### Perda de floresta

A Hidrelétrica de Samuel tem 0,40 Watts de capacidade instalada por  $m^2$  de área de reservatório (Tabela 1), menos da metade da média de 1 Watt/ $m^2$  para os  $100 \times 10^3 km^2$  de represas planejadas, também um valor muito baixo (Rosa *et al.*, 1996, p. 134). Nos melhores locais para barragens na região a densidade energética pode exceder 10 Watts/ $m^2$ , mas densidades tal altas freqüentemente, são enganosas, porque elas não incluem os impactos rio-acima de represas menos favoráveis que regulam a vazão e aumentam a capacidade instalada que pode ser efetivamente usada (Fearnside, 1996).

Um pouco de confusão existe sobre a área correta do reservatório de Samuel. De acordo com os funcionários da ELETRONORTE na represa, a área do reservatório é de  $540 km^2$  ao nível operacional normal de 87 m acima do nível médio do mar. Publicações da ELETRONORTE antes de encher o reservatório deram a área a esta elevação como  $645 km^2$ , enquanto uma medida de LANDSAT feita pelo INPE com imagens de 1989 indicou  $465 km^2$  (veja: Fearnside, 1995, p. 11). No entanto, o reservatório só

terminou de encher em julho de 1989, e a dificuldade de distinguir a terra seca da floresta moribunda em água rasa pode responder pela diferença. A área de 540 km<sup>2</sup> na cota de 87 m será usada no atual trabalho. A área ao nível máximo da água de 87,4 m é 586 km<sup>2</sup>, e ao mínimo histórico de 72 m é 135 km<sup>2</sup> (baseado em áreas ajustadas do Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1987]).

Na Hidrelétrica de Samuel, foram perdidos 420 km<sup>2</sup> de floresta, depois de deduzir dos 540 km<sup>2</sup> de área total do reservatório os 29 km<sup>2</sup> de leito fluvial (calculado a partir de Brasil, ELETRONORTE, s/d, [C. 1986], veja: Fearnside, 1995, p. 11) e os 91 km<sup>2</sup> previamente desmatados (Fearnside, 1995, p. 11). Porque o reservatório é localizado em uma área relativamente plana, foram construídos 57 km de diques para limitar a expansão lateral do reservatório e assim aumentar o desnível de elevação que poderia ser criada sem inundar uma área ainda maior.

Planos originais teriam resultado em perda de floresta adicional, como eles pediram construção de uma segunda represa a montante de Samuel em Monte Cristo, 8 km a jusante da cidade de Ariquemes (Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1985]). Regulamento do fluxo do rio por este reservatório de 243 km<sup>2</sup> aumentaria a energia firme em Samuel de 60 para 70 MW, e as duas usinas juntas teriam energia firme de 95 MW. No entanto, o estado avançado de assentamento na área de Ariquemes fez com que, atualmente, seja improvável, já que desapropriação da terra para o reservatório de Monte Cristo seria politicamente inviável.

#### Perigosa exceção para exploração madeireira

Desde 1965, o Brasil proibiu a exportação de madeira em tora, assim forçando as companhias madeireiras a, pelo menos, fazer uma quantidade mínima do beneficiamento no Brasil e contribuir para a criação de emprego. No entanto, uma exceção especial foi aberta nesta proibição para permitir troncos de Samuel serem exportados (Nogueira, 1988). De 1987 a 1989 uma cadeia contínua de barcas chegava ao porto de Itacoatiara com toras para carregar em navios, e um navio carregado com toras partiu a cada 15 dias, principalmente para a China (Figura 3).

[Figura 3 aqui]

#### Sedimentação

A erosão do solo é uma grande fonte de sedimentos entrando na represa de Samuel (Graham, 1986). Desde a época da construção, grande parte da bacia hidrográfica foi ocupada por áreas de assentamento, e o desmatamento para agropecuária tem sido difundido, assim resultando em maior perda de solo. Um estudo de sedimentos no Lago Paca (no Rio Jamari 6 km rio acima da sua confluência com o Rio Madeira) usou técnicas cronológicas de <sup>210</sup>Pb para demonstrar um aumento de ordem-de-magnitude na taxa de sedimentação desde 1961 devido à erosão do solo em áreas de assentamento e devido à mineração de cassiterita (Forsberg et

al., 1989).

Resíduo de mineração de cassiterita (minério de estanho) representa outra fonte de sedimentos nas bacias de drenagem afetadas, tendo como efeito negativo a sedimentação mais rápida do reservatório de Samuel. Uma operação de mineração (Mineração Oriente Novo, que pertence ao grupo Paranapanema) liberou grandes quantidades de sedimento no Rio Preto (um afluente na bacia hidrográfica de Samuel) até que foi parado em 1986 por uma ordem judicial federal. Outras operações na bacia hidrográfica de Samuel, tais como as minas BRSCAN, armazenam os seus resíduos atrás de pequenas barragens de retenção. A mineração de cassiterita, atualmente, é mínima devido ao baixo preço de estanho.

### Ecossistemas aquáticos

Ecossistemas aquáticos no trecho do rio atualmente ocupado pelo reservatório foram completamente alterados. O curso sinuoso do rio anda 255 km pelo reservatório, que tem um comprimento de 134 km, ou 122 km em linha reta. A conversão de um sistema de água corrente (lótico) para um de água parada (léntico), inevitavelmente, envolve a perda de muitas espécies de peixes e outros organismos, e aumentos relativos na abundância de outros. Isto é, especialmente verdade quando como no caso de um reservatório como o Samuel, água ao fundo do reservatório torna-se anóxica durante uma boa parte do ano. A Hidrelétrica de Samuel tem um tempo médio de renovação de 0,4 anos (Rosa et al., 1997, p. 44); este é um período fora do comum por ser muito longo para a gota média de água permanecer no reservatório, e é mais que duas vezes o tempo equivalente de 0,14 ano em Tucuruí (que já é considerado longo). A montante do reservatório de Samuel a interrupção da migração anual de peixe ("piracema") pode ser esperada, fato que alterará a composição de espécies que habitam o rio. Antes de fechar a barragem, foram colecionadas 86 espécies de peixe na área em março e abril de 1986 (dos Santos, 1986). O Rio Jamari propriamente dito tem 186 espécies de plâncton em um total de 210 na bacia do Jamari (Mera, 1985, p. 6, 9), demonstrando a alta diversidade de espécies aquáticas.

Na represa de Samuel a maior parte dos peixes e da atividade de pesca se encontram nos trechos superiores do reservatório. O reservatório como um todo não tem muitos peixes, embora tenha havido uma explosão de algumas populações de peixes nos primeiros anos. A existência da Rodovia BR-364 ao longo de uma margem do reservatório fez com que a pesca sem autorização tivesse se proliferada. Uma cooperativa de pescadores foi fundada, mas depois foi abandonada.

A cidade de Itapoã do Oeste quer que a ELETRONORTE estoque alevinos de peixe no reservatório de Samuel (de Oliveira, 2001). No entanto, estocar alevinos é, freqüentemente, ineficiente como meio para produção de peixes, porque diferente de aquacultura em lagoas pequenas, os alevinos colocados em um reservatório tem baixa probabilidade de ser recapturados. O mesmo investimento feito na promoção de

aqüicultura poderia resultar em maior produção de peixe.

Assim como em outros reservatórios construídos na Amazônia, a população de macrófitas (plantas aquáticas) explodiu nos primeiros anos após o enchimento da represa de Samuel. A ELETRONORTE mediu as áreas de macrófitas em 1996 e 1997, mas decidiu que áreas cobertas por macrófitas não eram, suficientemente, grandes na época que justificasse a continuação das mensurações. Medidas feitas usando o satélite LANDSAT de áreas de macrófita (na estação seca) indicaram 48% da superfície de reservatório como cobertos em 1989, percentagem que depois caiu exponencialmente até 0,08% em 1998 (de Lima, 2002, p. 47). As principais macrófitas flutuantes são *Salvinia*, *Eichhornia* e *Oricularia* (esta última espécie é um indicador de água de baixa fertilidade). Adicionalmente, é comum, nas áreas rasas, uma planta enraizada conhecida como "poligano" (na família Poliganaceae).

Para ecossistemas a jusante da barragem, a queda do teor de oxigênio na água representa a mudança com maior efeito. O manejo da água em Samuel é o pior possível para a qualidade da água a jusante, haja vista que, praticamente, toda a água é passada pelas turbinas (o vertedouro não tem sido usado desde 1996). Felizmente, não havia muitos residentes ribeirinhos nas margens do rio a jusante da barragem e, assentamentos são limitados a famílias isoladas. O trecho do rio abaixo da represa que depende completamente da água liberada pela Hidrelétrica de Samuel é relativamente curto, já que o Rio Candeias entra no Jamari 42 km a jusante. Portanto, a qualidade da água melhora abaixo deste ponto. O Rio Candeias, com uma vazão média de 315 m<sup>3</sup>/s (abril de 1976 a março de 1996: Brasil, ANEEL s/d [C. 1999]), ou 90% do fluxo do Jamari, é um rio grande o bastante para melhorar, substancialmente, a qualidade da água, pelo menos nos meses quando o fluxo é alto (*i.e.*, com exceção dos meses de agosto a novembro). Além disso, um rio muito pequeno, o Rio Novo, entra no Jamari 3 km a jusante de Samuel.

#### Lençol freático

Estresse nas árvores que se encontram nas margens do reservatório é visível em imagens de satélite LANDSAT, onde as falsas cores reproduzidas nas imagens da área ao redor do reservatório indicam uma faixa de vegetação que não é nem a floresta saudável (longe do reservatório) nem as árvores mortas no reservatório propriamente dito. A alteração do lençol freático é a provável explicação. Elevação do lençol freático também é uma das principais reclamações da cidade de Itapoã do Oeste, perto do reservatório, onde as ruas se tornam lamaçais e diversos canais foram construídos na tentativa de escoar o excesso de água (de Oliveira, 2001).

#### Emissões de gases de efeito estufa

Emissões de gases de efeito estufa representa uma preocupação importante com a construção de represas hidrelétricas em áreas de floresta tropical. Haja vista que,

são produzidas emissões de várias fontes e todas devem ser incluídas para ter estimativas válidas. Decomposição de biomassa acima da água (as porções das árvores que projetam sobre a superfície de água: Figura 4) é significativo, especialmente, na primeira década depois da formação do reservatório. Quando a madeira sofre decomposição, libera gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), considerando que metade do peso seco da madeira é carbono. A biomassa calculada antes de inundar indicou um estoque médio acima do solo de 425 t/ha (Revilla Cardenas & Amaral, 1986, p. 4), mas o nível de incerteza é alto (Brown *et al.*, 1995, Martinelli *et al.*, 1988). O reservatório raso (profundidade média 8,4 m no nível operacional normal) e uma grande gama de flutuação vertical (até 15 m) significam que muito da biomassa inundada projeta-se fora da água, onde pode se deteriorar sob condições aeróbicas. Em 1990, que é o ano base para inventários nacionais de gases de efeito estufa sob a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, a Hidrelétrica de Samuel emitiu uma quantidade calculada em 1,13 milhões de toneladas de carbono pela decomposição acima da água (Fearnside, 1995, p. 16).

[Figura 4 aqui]

A quantidade de madeira no reservatório diminuiu, substancialmente, desde a época em que o reservatório foi enchido, embora muito ainda permaneça. Na maioria dos anos, houve fogos na área de deplecionamento (a área de terra exposta quando o nível da água no reservatório desce). Uma exceção foi o ano 2000, quando nenhum fogo aconteceu por causa da maior precipitação durante a estação seca daquele ano. Por outro lado, grandes fogos aconteceram na seca do ano El Niño de 1997-1998. O fogo entra na área de deplecionamento a partir de pastagens vizinhas, e nestas áreas, as gramíneas crescem rapidamente quando o solo está exposto, porém depois as gramíneas secam. Quando as gramíneas pegam fogo, a madeira morta da floresta queima junto com as gramíneas. Assim, os troncos carbonizados das árvores em pé que sobreviveram à queimada projetam para fora da água no reservatório. Em áreas perto da Rodovia BR-364 houve alguma colheita de madeira da área de deplecionamento para fornecer lenha a padarias, deixando estas áreas desnudadas de madeira.

O metano ( $\text{CH}_4$ ) é produzido quando decomposição acontece sob condições anóxicas no fundo do reservatório. A madeira das árvores mortas é bastante resistente à decomposição sob estas condições. Mas, a matéria vegetal verde e macia, como macrófitas e a vegetação que surgiu nas áreas de deplecionamento, se decompõem rapidamente, liberando metano. Por tonelada de gás, o  $\text{CH}_4$  tem 21 vezes mais impacto sobre o efeito estufa do que o  $\text{CO}_2$ , considerando os potenciais de aquecimento global (GWPs) com um horizonte de tempo de 100 anos adotados pelo Protocolo de Kyoto, ou 25 vezes maior considerando os GWPs do mesmo tipo como revisado no Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernmental sobre Mudanças do Clima (IPCC) (Houghton *et al.*, 2001).

A Hidrelétrica de Samuel tem uma área de deplecionamento, extraordinariamente, grande, relativo ao tamanho do reservatório. Operação normal tem uma flutuação de 12-14 m entre os níveis operacionais máximo e mínimo, com recorde de 15 m tendo sido alcançado uma vez. Para comparação, o reservatório de Itaipú opera com uma flutuação de apenas 20-40 cm. As grandes áreas de lamaçais expostas se tornam verdadeiras "fábricas" de metano: a vegetação macia que cresce decompõe lá sob condições anóxicas quando é inundada depois.

O reservatório estratifica de julho a novembro ou dezembro (período de água baixa). Durante o resto do ano não é estratificado, e há oxigênio na coluna de água toda até o fundo. Quando é estratificado, o conteúdo de oxigênio é próximo zero debaixo do termocline (*i.e.*, abaixo de aproximadamente 10 m de profundidade) e está, aproximadamente, o mesmo quando emerge das turbinas. Quando o reservatório é estratificado o termocline pode ser quebrado se houver uma friagem ou se houver uma chuva pesada. Isto, normalmente, acontece 2-3 vezes durante os 6 meses da estação seca, especialmente no período de junho a agosto. Friagens na Amazônia ocidental são comuns, diferente da Amazônia oriental, por exemplo, em Tucuruí. Quebrar o termocline por uma friagem permite a emissão de um grande pulso de metano. O efeito de friagens, provavelmente, não é capturado pelas cortas campanhas de monitoramento que foram realizadas até agora para medir as emissões de superfície na represa de Samuel: duas campanhas de quatro dias no período de junho-julho e uma em setembro, feitas por de Lima (2002, p. 42), mais duas campanhas de pequena duração, sem especificação da época do ano, feitas por Rosa (1996).

A grande quantidade de erosão na bacia muito desmatada fornece uma fonte ininterrupta de nutrientes para sustentar o crescimento de macrófitas (e.g., Pereira Filho, 1990). Embora as macrófitas diminuíssem depois da explosão inicial, pode ser esperado que elas mantenham uma cobertura maior quando em equilíbrio em uma hidrelétrica com muito desmatamento na área de captação (como Samuel) do que em um reservatório com relativamente pouco desmatamento (como Balbina). As macrófitas fornecem uma fonte ininterrupta de carbono facilmente decomposto e, conseqüentemente, de emissões de CH<sub>4</sub>.

Além do carbono de macrófitas e plantas inundadas nas áreas de deplecionamento, carbono introduzido pela erosão do solo na bacia também pode prover uma fonte para formação de metano. Neste caso, uma contabilidade completa teria que deduzir o impacto de efeito estufa do CO<sub>2</sub> que teria sido liberado da oxidação de parte deste carbono na ausência da represa. Este ajuste, provavelmente, seria pequeno, tanto porque uma porção do carbono seria depositada em sedimentos e não sendo liberada para a atmosfera (não necessariamente muito menos que sob o cenário com o reservatório), e porque, por tonelada de carbono, CH<sub>4</sub> tem 7,6 vezes mais impacto que CO<sub>2</sub> sobre o efeito estufa (a um GWP para CH<sub>4</sub> de 21, em termos de peso de gás).

Emissões de superfície variam, sendo estreitamente

dependente do hábitat dentro do reservatório, altas emissões vêm de massas de macrófitas e de áreas de árvore em pé, e baixa emissão vem da calha do rio. O reservatório raso contribui para as emissões de metano, como menos do  $\text{CH}_4$  sendo liberado ao fundo em forma de bolhas é oxidado a  $\text{CO}_2$  na coluna de água. Emissões de superfície medidas por de Lima (2002, p. 90) no reservatório de Samuel eram, em média,  $69,7 \pm 106,4$  mg  $\text{CH}_4/\text{m}^2/\text{dia}$ , o triplo do valor de  $13,6 \pm 14,5$  mg  $\text{CH}_4/\text{m}^2/\text{dia}$  medido no mesmo estudo em Tucuruí. A diferença é atribuída ao reservatório ser mais raso na Hidrelétrica de Samuel e ao longo tempo de renovação da água, que é o dobro do tempo em Tucuruí (de Lima, 2002, p. 69).

A água que atravessa as turbinas pode ser uma grande fonte de emissões de metano, já que a queda leva quantidades grandes de água de perto do fundo do reservatório. Quando a pressão da água cai de repente na hora que a água emerge das turbinas, muito do gás de metano dissolvido na água é liberado (Fearnside, 2004). Dados da Barragem de Petit Saut (Galy-Lacaux *et al.*, 1997, 1999), na Guiana francesa, indicam emissões significantes da água turbinada em reservatórios tropicais. A concentração de metano na água aumenta com profundidade na coluna de água. Em Samuel uma concentração de 6,0 mg  $\text{CH}_4/\text{litro}$  de água foi medida em março de 1989 por Tundisi a uma profundidade de 30 m (Rosa *et al.*, 1997, p. 42). Março não é uma época do ano que o reservatório é estratificado, fazendo com que este seja uma subestimativa da concentração de metano a profundidade durante o período estratificado. Água que contém tal concentração de metano alta produziria emissões de gás de efeito estufa significativas quando liberada pelas turbinas, como em Tucuruí (Fearnside, 2002a).

As emissões anuais para 1990 e 2000, em Samuel, expressadas em termos de carbono equivalente a carbono de  $\text{CO}_2$ , estão resumidas na Tabela 3. As emissões em 1990 (importante por causa do inventário nacional sob a Convenção de Clima) não inclui as emissões altas no primeiro ano e antes do começo de geração de energia, por uso de cimento durante a construção da barragem. Emissões de gases de efeito estufa diminuem com tempo, como é mostrado pelos valores de 2000. O fato que a liberação de gás de efeito estufa é mais alta nos primeiros anos de uma represa representa uma das diferenças principais entre barragens hidrelétricas e combustíveis fósseis em termos do efeito estufa. A maneira em que isto deveria ser levado em conta é um dos principais debates sobre a contabilidade de gases de efeito estufa, com implicações para a tomada de decisão sobre políticas de mitigação (veja: Fearnside, 1997, 2002b). Quanto maior o peso dado aos resultados de impactos a curto prazo, maior o impacto de represas hidrelétricas quando comparado com os combustíveis fósseis.

Tabela 3. Emissões anuais de gases de efeito estufa em Samuel<sup>a</sup>

| Fonte de emissão                       | Emissão anual<br>(milhões de t de<br>C equivalente a<br>CO <sub>2</sub> ) |             |
|--|---|-------------|
|  | 1990  | 2000        |
| Decomposição acima d'água              | 1,13  | 0,06        |
| Superfície                             | 0,08  | 0,03        |
| Turbinas                               | 0,24  | 0,19        |
| Verdedouro                             | 0,04  | 0           |
| Total de emissão hidrelétrica          | 1,50  | 0,29        |
| C de combustível fóssil substituído    | - 0,13  | - 0,11      |
| <b>Emissão líquida da hidrelétrica</b> | <b>1,37</b>   | <b>0,18</b> |

<sup>a</sup>Parâmetros para cálculo das emissões de gases de efeito estufa em Samuel são apresentados no Apêndice.

Emissões de gases de efeito estufa representam um impacto significativo a partir de represas hidrelétricas em áreas tropicais que, geralmente, não são levados em conta ao descrever os benefícios de barragens. Grande parte da indústria hidrelétrica ainda alardeia barragens como sendo energia "limpa" (Veja: International Rivers Network, 2002). Embora a geração de energia com combustível fóssil, freqüentemente, seja pior que por energia hidrelétrica numa perspectiva de aquecimento global, este não é o caso em locais desfavoráveis como Samuel. A emissão em Samuel (Tabela 3) deixa claro que a Hidrelétrica Balbina não fica sozinha com a distinção de ser uma represa que tem maior impacto sobre o efeito estufa do que seria o caso com a geração da mesma energia a partir de petróleo. Em 1990, Samuel teve 11,6 vezes mais impacto que o combustível fóssil que deslocou, esta relação, subseqüentemente, diminuiu estabilizando em um nível ainda impressionante de 2,6 vezes mais impacto em 2000. No reservatório raso de Samuel, grandes flutuações no nível da água, e a pequena produção de energia explicam a emissão alta da represa em relação aos seus benefícios. Para fins de comparação, a Hidrelétrica de Balbina emitiu 20,1 vezes mais que o combustível fóssil que substituiu em 1990, três anos após o enchimento do reservatório (Fearnside, 1995), enquanto a Hidrelétrica de Tucuruí em 1990 (seis anos após o enchimento) emitiu 1,8-2,6 vezes mais, considerando emissões em 1990 de 7,0-10,1 milhões de t C em Tucuruí (Fearnside, 2002a), 2,5% perda de transmissão (presumido ser igual a Balbina, seguindo Fearnside, 1997), e as mesmas emissões de combustível fóssil por unidade de energia usada para Samuel.

## **Custos sociais**

Reassentamento



Um total de 238 famílias foi re-assentado da área de submersão (Munasinghe, 1988, p. 5). Os 50 km da Rodovia BR-364 que foram inundados representou a fonte principal deste deslocamento de população (Brasil, ELETRONORTE, s/d [2003]). Esses deslocados da área de reservatório foram movidos ao projeto Rio Preto do Candeias (Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1989]). Dos chefes de família, 10% tiveram uma ocupação declarada como seringueiros (Brasil, ELETRONORTE, 1990, p. 43).

Além disso, 20 famílias de Cachoeira de Samuel (o local da barragem, que era um lugar de banho para visitantes de Porto Velho nos finais de semana) foram transferidas em 1984 para Vila Candeias, na margem da Rodovia BR-364, a 20 km de Porto Velho. Seis anos mais tarde estas famílias ou houberam desaparecido, ou não eram mais distinguíveis como uma comunidade (Brasil, ELETRONORTE, 1990).

A formação do reservatório cortou o transporte por estrada, separando de uma área de assentamento estabelecida pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrário (INCRA). A ELETRONORTE forneceu um serviço de balsa que une esta área ao sistema viário, mas o serviço é incerto e tem sido um ponto de tensão entre a ELETRONORTE e a população circunvizinha (de Oliveira, 2001).

#### Povos indígenas

Nenhum povo indígena foi inundado por Samuel. No entanto, a represa pode ter produzido impactos na tribo Uru-Eu-Uau-Uau que habita as cabeceiras do Rio Jamari, cortando a migração de peixes e contribuindo para atração de população adicional a Rondônia, levando à pressão crescente em áreas indígenas (Leonel, 1987, p. 30). Proximidade da área indígena Karitiána foi considerada como uma ameaça à tribo Karipúna, que tinha uma população de apenas 175 indivíduos (Koifman, 2001, p. 417).

#### Saúde

##### Mosquitos

Criação de um reservatório como Samuel pode prover criadouros para vetores de doenças, tais como o mosquitos anofelinos que transmitem a malária. A Hidrelétrica de Samuel fica situado entre Ariquemes, que é conhecido como o "capital mundial da malária" (veja: Ellis et al., 1988), e Porto Velho, que foi coroadado o "o campeão mundial da malária" em 1995, com 29.000 casos naquele ano (Almeida & Rodrigues, 1996). Embora a incidência muito alta de malária tenha sido uma característica desta área muito antes da construção de Samuel, a presença do reservatório, provavelmente, piorou a situação. Até 21,8 picadas de anofelinos por pessoa por hora foram contadas no local da barragem, (março de 1987), com médias mensais de até 9,0 picadas/pessoa/hora (Tadei, 1987, p. 6).

Além de mosquitos anofelinos, Samuel resultou em uma

explosão de mosquitos do gênero *Culex* (Luz, 1994). Em setembro de 2001, enxames de mosquitos sobre a superfície do reservatório no começo da manhã eram suficientes para obrigar a suspensão de coleta de dados sobre emissões de metano (de Lima, 2002, p. 43).

### Contaminação por Mercúrio

Um dos impactos de represas hidrelétricas na Amazônia é a liberação de mercúrio (Hg) do solo na sua forma tóxica (metil mercúrio). Embora a garimpagem do ouro não seja um problema na bacia hidrográfica de Samuel, os solos inundados pelo reservatório contêm mercúrio oriundo de fontes naturais. Isto ocorre porque os solos amazônicos têm milhões de anos de idade e vêm acumulando mercúrio gradualmente pela deposição em chuva e em particulados oriundos de erupções vulcânicas e outras fontes ao redor do Mundo. As condições anóxicas no fundo do reservatório fornecem o ambiente propício para metilização de mercúrio que aumenta em concentração por, aproximadamente, um fator de dez vezes com cada elo na cadeia alimentar, desde plâncton até peixes e, por último, nas pessoas que comem os peixes. A concentração parece seguir um padrão de aumentar durante vários anos, depois seguido por uma diminuição, mas diferenças entre reservatórios e o número limitado de medidas disponíveis impedem conclusões mais robustas.

Em Samuel, as únicas medidas disponíveis foram feitas em 1991 (dois anos depois de encher o reservatório), e indicaram uma concentração de mercúrio total de 0,33 mg/kg de peso fresco de peixe em tucunaré (*Cichla ocellaris* e *C. temensis*) (Malm et al., 1995). Tucunaré é um peixe predatório que compõe a maior parte da captura comercial em reservatórios amazônicos, inclusive em Samuel. Estima-se que 80% do mercúrio total contido no peixe estão na forma metilada (a forma venenosa) (Kashima et al., 2001). A concentração máxima de mercúrio total em peixe considerada segura para consumo humano no Brasil era 0,5 mg/kg de peso fresco até 1998, quando o critério foi revisado para cima até 1,0 mg/kg de peso fresco. A pergunta de que níveis são seguros é uma questão controversa (Kaiser, 2000). O padrão da Organização Mundial da Saúde de 0,5 mg/kg de peso fresco está baseado na suposição de que um ser humano de 70 kg consumiria 60 g de peso fresco de peixe por dia (WHO, 1976). Porém o consumo de peixe de, aproximadamente, 200 g diárias pelas pessoas que vivem ao lado dos rios e reservatórios amazônicos indica que os níveis de mercúrio em peixe teriam que ser muito mais baixos [aproximadamente 0,15 mg/kg de peso fresco] para satisfazer o mesmo padrão de segurança (Weisser, 2001, p. 5). Este fato não significa que os residentes ribeirinhos deveriam deixar de consumir peixe, já que os impactos negativos de má nutrição na hipótese de não comer peixe pudessem exceder o impacto do mercúrio contido no peixe consumido (Cleary, 1996).

Foram encontrados níveis altos de mercúrio em peixe na Represa de Tucuruí onde mercúrio total alcançou 1,1 mg/kg de peso fresco de peixe em tucunaré seis anos depois de encher o reservatório (Porvari, 1995). Porém, uma medida feita 16 anos

depois de encher o reservatório de Tucuruí encontrou uma média de 0,3 mg/kg de peso fresco em tucunaré (Santos *et al.*, 2001). O declínio na concentração de mercúrio em Tucuruí tem sido considerado fortuito, uma vez que alguns reservatórios mantêm níveis altos durante até 30 anos (Olaf Malm, comunicação pessoal, 2003).

O mercúrio em peixe é refletido nas concentrações no cabelo das pessoas que os comem, como observado no caso das concentrações altas em Tucuruí seis anos depois de encher o reservatório (Leino & Lodenius, 1995). Dados sobre o reservatório de Balbina permitem reconstruir a evolução ao longo do tempo da história de contaminação por mercúrio nesse caso. Mudanças na concentração de mercúrio nos cabelos de mulheres eram datadas por meio do seccionamento de amostras de cabelo de mulheres com cabelos compridos, assim revelando que os níveis de mercúrio eram baixos antes de inundar o reservatório, seguido por uma elevação abrupta com o enchimento do reservatório, e uma gota depois que concentração alcançasse um cume 11,2 anos depois de encher o reservatório (Weisser, 2001, p. 37). A queda pode ter sido causada por declínio na concentração de mercúrio nos peixes, e pelo efeito da quantidade de pescado colhida do reservatório ter diminuído como resultado da queda da fertilidade da água, assim forçando os residentes a comer frango, peixe criado em piscicultura e carne de boi, em vez de comer peixe do reservatório (Bruce R. Forsberg, comunicação pessoal, 2001). Em Balbina, a concentração de mercúrio total em tucunaré era, aproximadamente, 0,34 mg/kg de peso fresco em 1996, 8,4 anos depois de encher o reservatório (Kehrig *et al.*, 1998). A média não ponderada de concentração de metilmercúrio entre as duas espécies de tucunaré em 17 espécimes é 0,27 mg/kg peso fresco (Kehrig *et al.*, 1998) é equivalente a 0,31 mg/kg peso fresco de mercúrio total se é presumido que metilmercúrio correspondia a 80% de mercúrio total (Kashima *et al.*, 2001). A série de amostras de cabelo de residentes em Balbina indica uma duplicação das concentrações de mercúrio nos cabelos das mulheres que comeram peixe entre o ano da medida em peixe (1996) e o pico na concentração no cabelo em 1999 (Weisser, 2001, p. 37). Comparações entre estudos e reservatórios são complicadas por uma correlação positiva significativa entre o comprimento de um peixe e a concentração de mercúrio na sua carne em tucunaré (Weisser, 2001). Mercúrio nivela em tucunaré em Balbina mais que dobrou entre 1992 e 1997 para peixes de qualquer determinado comprimento (Weisser, 2001, p. 44). Uma elevação, seguida de queda na contaminação por mercúrio, semelhante à de Balbina, teria acontecido em Samuel, mas uma série temporal de dados para Samuel não existe.

## **Medidas mitigatórias**

### Reserva florestal

A instalação da Hidrelétrica de Samuel ofereceu a oportunidade para criação de uma área protegida pela Secretaria Especial do Meio-Ambiente (SEMA), do governo federal, que esteve desde então incorporado no Instituto

Brasileiro do Meio-Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Paulo Nogueira Neto, que dirigiu a SEMA, pode ser considerado um mestre em capitalizar oportunidades para criar áreas protegidas, como exemplificado pela estação ecológica que ele criou em Samuel (Fearnside, 2003). A Estação Ecológica de Samuel foi criada adjacente ao reservatório em 1989. Aproximadamente 4.700 ha dos 20.854 ha de área foram inundadas (Brasil, ELETRONORTE, 1990, p. 60). Em 2002, estações ecológicas foram re-designadas como "reservas ecológicas" sob o novo Sistema Nacional das Unidades de Conservação (SNUC).

#### Salvamento da fauna

Enquanto o reservatório estava enchendo, uma operação de salvamento da fauna, foi realizada na tentativa de coletar animais que se refugiaram nas copas das árvores e removê-los para áreas de floresta pertos à reserva florestal associada à Samuel (de Sá, 1992). Dos 16.000 animais salvos, foram soltos 2.854 na reserva, o restante foram enviados para instituições de pesquisa (11.417) ou sacrificados para coleções de museu ou de pesquisa (1.729). Libertar os animais, na verdade, não reduz a mortandade dos animais, porque os indivíduos colocados em outros lugares nas florestas entram em competição com os indivíduos que já estão lá, e a população como um todo reverte logo ao nível que tinha antes das introduções (veja Gribel, 1993). Em Samuel, a biomassa de primatas na reserva ecológica adjacente foi calculado em  $154 \pm 65 \text{ kg/km}^2$  em 1988 antes de encher o reservatório, aumentando para  $255 \pm 109 \text{ kg/km}^2$  em 1990, e voltando para  $153 \pm 81 \text{ kg/km}^2$  em 1991 (de Sá, 1995). A biomassa de pássaros na reserva também aumentou quando o reservatório foi inundado, seguido por um declínio a partir de 1990. Foram vistos padrões semelhantes com cutias (*Dasyprocta fuliginosa*) e o veado amazônico (*Mazama spp.*) (de Sá, 1995).

Uma quantidade incomum de informações sobre a vida selvagem e o efeito do programa de salvamento de fauna está disponível para Samuel, graças aos esforços de Rosa de Sá que andou 1.224 km de transectos no período 1989-1991 para inspecionar populações de mamíferos e pássaros na reserva adjacente ao reservatório e em uma área testemunha em floresta a jusante da barragem (de Sá, 1995). Embora reconhece as melhorias que a ELETRONORTE fez nos seus procedimentos desde a época do salvamento de fauna em Tucuruí cinco anos antes, o estudo indica que permanece fundamentalmente inalterado o problema básico desta abordagem, isto é que é ineficaz e muito caro como uma medida de conservação. Em Tucuruí, foram soltos todos os animais capturados perto do reservatório, onde a sua sobrevivência não só era problemática por causa de competição com as populações de animais que já habitavam as florestas aos pontos de liberação e também porque estas florestas estavam sendo cortadas rapidamente (não havia nenhuma área protegida). Em Samuel, muitos dos animais capturados foram doados para instituições de pesquisa em vez de serem liberados (uma prática iniciada em Balbina), e a criação de uma área protegida adjacente ao reservatório era uma melhoria importante. Em Tucuruí, a operação de salvamento custou US\$30 milhões, ou US\$134,80 por animal salvo (a maior parte de

que eram artrópodes); o custo era US\$280 por indivíduo se são considerados apenas pássaros e mamíferos (Johns, 1986 citado por de Sá, 1995, p. 7). Não foram liberadas cifras sobre custo para a operação de salvamento em Samuel, mas o fato de que é muito caro é inevitável. Nas palavras de de Sá (1995, p. 110), "operações de salvamento se tornaram uma estratégia de relações públicas usada por companhias de energia para satisfazer a opinião pública."

Do ponto de vista de manter a biodiversidade, um investimento na proteção de florestas existentes teria um retorno muito maior de que operações de salvamento de fauna, mas este tipo de investimento tem um valor mais baixo para relações públicas para as companhias. A recomendação de de Sá (1995, p. 110-111) é que as operações de salvamento sejam limitadas a espécies que entram em um ou mais das categorias seguintes: 1.) espécies classificadas como "em extinção" ou "vulnerável", ou pela União Mundial de Conservação (IUCN) ou através de outros critérios [em Samuel, espécies classificadas como vulnerável por IUCN incluíram o tamanduá bandeira (*Mirmecophaga tridactyla*), tatu-açu (*Priodontes maximus*), e o macaco aranha (*Ateles paniscus*)], 2.) espécies incapazes de escapar da inundação, 3.) espécies que poderiam ser usadas para pesquisa (como as cobras, escorpiões e aranhas de Samuel que eram usados para desenvolvimento ou produção de vacinas e outros medicamentos) e 4.) espécies que poderiam ser usadas para restabelecer populações dizimadas em outro lugar. Só deveriam ser liberados animais em áreas que, previamente, fossem estudadas e fossem achadas para ter populações diminuídas (por exemplo, devido à caça). Outros investimentos, tais como a criação de unidades de conservação e contratação e treinamento de profissionais em conservação de vida silvestre, têm que receber prioridade maior que a atividade breve, mas fotogênica, de capturar e liberar animais.

### **Conclusões: As Lições da Hidrelétrica de Samuel**

A Hidrelétrica de Samuel ilustra uma variedade de aspectos do processo de tomada de decisão que impediu a escolha de opções de desenvolvimento baseado em uma avaliação anterior das relações de custos e de benefícios, incluindo conseqüências ambientais e sociais. Tomada de decisão racional sobre implementação de um determinado projeto de desenvolvimento depende de uma avaliação precisa e imparcial de ambos os lados deste equilíbrio. A Hidrelétrica de Samuel tem custos ambientais e sociais significativos, mas também tem benefícios reais. Alguns impactos significantes eram imprevistos devido ao conhecimento técnico-científico limitado na época da decisão para construir a barragem, especialmente, nos casos de emissões de gases de efeito estufa e contaminação por mercúrio. O papel político da represa significou que o cronograma das decisões era incompatível com a sucessão lógica por meio de que informações são coletadas sobre as várias opções, comparações são feitas e, finalmente, uma decisão é tomada.

A avaliação de alternativas foi ausente quase completamente no caso de Samuel. Entre estas alternativas estava a possibilidade de esperar uma solução mais definitiva para o fornecimento de energia ao Estado de Rondônia, já que a capacidade de Samuel rapidamente se tornou insuficiente para suprir a demanda crescente. A barragem ilustra o dilema de: 1) suprir demanda em um modo estritamente incremental, até mesmo quando as opções (como Samuel) identificadas por esta abordagem são financeiramente caro e de impacto alto relativo aos seus benefícios, ou 2) implementar soluções temporárias (como geração térmica) até que opções a longo prazo mais atraentes pudessem ser implantadas. Estas opções incluíram abastecer o Estado de Rondônia por uma linha de transmissão ligada à rede nacional brasileira, exploração de jazidas de gás natural no estado vizinho do Amazonas e, e a construção de projetos hidrelétricas mais potentes em outros locais em Rondônia. Claro que, estas opções também têm impactos que precisariam ser comparados, mas a possibilidade de transmissão a partir da rede nacional seria, especialmente, favorável porque a rota de linha de transmissão por Rondônia e Mato Grosso já é desmatada. O caso de Samuel ilustra a necessidade por flexibilidade quando o balanço de impactos ambientais e de benefícios do projeto muda, significativamente, durante o período de planejamento e construção, neste caso devido à melhoria da tecnologia de transmissão de energia à distância e a descoberta de gás natural. Muitos dos impactos de Samuel aplicam em outros lugares nas barragens hidrelétricas planejadas na Amazônia e em outras áreas tropicais. Muitos dos desafios de tomada de decisão para implantação de barragens são aplicáveis a projetos de desenvolvimento em toda parte do Mundo.

## **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq AI 523980/96-5; 350230/97-98; 465819/00-1; 470765/01-1) e o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA PPI 5-3150; 1-3160; 1-3620) pelo apoio financeiro. Agradeço a os funcionários da ELETRONORTE em Samuel pela paciência durante minhas visitas em 1987, 1995 e 2001. Reinaldo I. Barbosa, José Francisco de C. Gonçalves e dois revisores anônimos fizeram comentários úteis sobre o manuscrito. Também agradeço o Darrell Posey, que me acompanhou em Samuel em 1995 e encorajou que eu escrevesse este trabalho. Este trabalho é uma tradução de Fearnside (s/d).

## **Apêndice:**

### **Parâmetros para Emissões de gases de Efeito Estufa**

Área de reservatório em 1990 foi presumida ter 540 km<sup>2</sup>, que correspondam à área no nível operacional normal, já que todas as turbinas ainda não haviam sido instaladas. Para o ano 2000, quando toda vazão do rio estava sendo usada para geração de eletricidade, uma estimativa grosseira pode ser derivada presumindo que a área média do reservatório era de 239 km<sup>2</sup> que é a área que corresponde ao ponto central entre o volume

máximo e mínimo do reservatório (baseado em Brasil, ELETRONORTE, s/d [1987], ajustado, proporcionalmente, para uma área cheia de 540 km<sup>2</sup>). Emissão média de metano da superfície foi de 69,7 mg CH<sub>4</sub>/m<sup>2</sup>/dia (de Lima, 2002). Esta estimativa para emissões de superfície pode ser considerada conservadora, já que ignora o efeito de áreas de macrófitas que têm emissões mais altas do que a água aberta.

Emissões das turbinas para 1990 presumem que a vazão era igual à média a longo prazo de 366 m<sup>3</sup>/s (Brasil, ANEEL, 2003), e que as turbinas operaram à capacidade plena, puxando 171 m<sup>3</sup>/s cada (Brasil, ELETRONORTE, s/d [1987]) com uma turbina que opera durante o ano inteiro, acrescentou a segunda turbina depois que foi instalado em 30 de março de 1990. A profundidade na cota de 87 m acima do nível médio do mar que aplicaria à maior parte do ano 1990 seria aproximadamente 28 m à entrada das turbinas, e a concentração de CH<sub>4</sub> ajustada para o ciclo sazonal (Fearnside, 2002a, baseado no ciclo a Petit Saut medido por Galy-Lacaux et al., 1997, 1999), seria 7,5 mg CH<sub>4</sub>/litro. Presumindo que são liberados 60% do metano em atravessar as turbinas, que é uma suposição, dado que a barragem falta um dispositivo especial que contribui a uma emissão de 89% em Petit Saut baseado nas medidas por Galy-Lacaux et al. (1997, 1999, veja Fearnside, 2002a), então as emissões das turbinas em Samuel em 1990 somaram 0,24 milhões de toneladas de carbono equivalente a C de CO<sub>2</sub>. Em 2000, suposições semelhantes conduzem a uma profundidade de 24 m na tomada d'água, uma concentração de CH<sub>4</sub> ajustada de 5,4 mg CH<sub>4</sub>/litro, e uma emissão total das turbinas de 0,27 milhões de toneladas de carbono equivalente a C de CO<sub>2</sub>.

Samuel teria tido emissões do vertedouro em 1990 (antes da instalação de todas as turbinas). Porém, estas emissões seriam desprezíveis hoje, considerando que, praticamente, toda a água é usada nas turbinas. Nenhuma água tem sido passada pelo vertedouro desde 1996 (o ano em que a última das cinco turbinas foi instalada). Para 1990, fazendo as mesmas suposições como a referente às emissões oriundas das turbinas, a profundidade para a entrada do vertedouro era 14 m e a concentração média de CH<sub>4</sub> ajustada era 6,4 mg CH<sub>4</sub>/litro; presumindo 60% de emissão, todo a vazão que atravessou as turbinas teria liberado metano equivalente a 0,04 milhões de t de carbono de CO<sub>2</sub>.

O carbono de combustível fóssil substituído pela implantação de Samuel foi calculado baseado em 806,1 g de gás equivalente a CO<sub>2</sub>/kWh de eletricidade gerada de petróleo, a média de sete estudos (variação de 686 a 949 g) revisados por van de Vate (1996). Um ajuste é feito por uma perda de 3% na transmissão até Porto Velho (Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1987]). Energia gerada em 2000 somou 533.856 MWh [=60,9 MW] (Brasil, ANEEL, 2001). Geração em 1990 foi 605.220 MWh, calculada a partir do fluxo de água e as datas de instalação das turbinas, presumindo (otimistamente) que o reservatório foi mantido no nível operacional normal durante o ano inteiro, assim gerando ao rendimento máximo de 44,41 MW/turbina (Brasil, ELETRONORTE, s/d [C. 1987]).

## Literatura citada

- Almeida, A., & J. Rodrigues. 1996. Rondônia ecológica. *Isto É* [São Paulo], 31 de janeiro de 1996, p. 90-95.
- Bartholo Jr., R.S., & M. Bursztyn. 1999. *Amazônia Sustentável: Estratégia de Desenvolvimento Rondônia 2020*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Brasília, DF. 247 p.
- Branco, C. C. 1984. No caminho do Planalto: Transformada em questão civil, a sucessão põe Andrezza e Maluf, crias de Costa e Silva, contra Tancredo Neves, o contraparente de Getúlio Vargas. *Isto É* [São Paulo]. 08 de agosto de 1984, p. 18-19.
- Brasil, ANEEL. 2001. Mapa. <http://www.aneel.gov.br/defaultmapa.html>. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF.
- Brasil, ANEEL. 2003. Agência Nacional de Energia Elétrica. <http://www.aneel.gov.br>. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF.
- Brasil, ANEEL. s/d [C. 1999]. Sistemas Georeferenciados de Interesse dos Setores de Energia e Hidrologia. Bacia 1. Sistema de Estatísticas e Informações Hidrológicas (SIH), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Brasília, DF. (CD ROM).
- Brasil, ELETROBRÁS. 1986. Plano diretor para proteção e melhoria do meio ambiente nas obras e serviços do setor elétrico. ELETROBRÁS, Diretoria de Planejamento e Engenharia, Departamento de Recursos Energéticos. Brasília, DF. (mimeografado). Paginação irregular.
- Brasil, ELETROBRÁS. 1987. *Plano 2010: Relatório Geral. Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010 (Dezembro de 1987)*. Centrais Elétricas do Brasil (ELETROBRÁS), Brasília, DF. 269 p.
- Brasil, ELETROBRÁS. 1993. *Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015: Plano 2015*. Centrais Elétricas do Brasil (ELETROBRÁS), Brasília, DF.
- Brasil, ELETROBRÁS/CEPEL. 1983. Relatório Técnico Final No. 963/83: Estudo Comparativo de Manutenção nas Usinas de Curuá-Una e Moxotó. ELETROBRÁS/Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), Brasília, DF. 48 p.
- Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 1985]. UHE Samuel. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 15 p.
- Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 1986]. Reservatório da UHE Samuel: Levantamento Planimétrico. Centrais Elétricas do Norte do



Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. Escala:  
1:40.000.

- Brasil, ELETRONORTE. s/d [C. 1987]. UHE Samuel. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 22 p.
- Brasil, ELETRONORTE s/d [C. 1989]. Enchimento do reservatório: Usina Hidrelétrica de Samuel-Rondônia. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 16 p.
- Brasil, ELETRONORTE. s/d [2003]. Usina Hidrelétrica Samuel. <http://www.eln.gov.br/meiosaml.htm>. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF.
- Brasil, ELETRONORTE. 1990. Estação Ecológica de Samuel: Plano de Manejo. Departamento de Estudos de Efeitos Ambientais, Divisão de Ambiente Terrestre, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 126 p.
- Brasil, ELETRONORTE. 1987. UHE Ji-Paraná. Maio-87. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (ELETRONORTE), Brasília, DF. 8 p.
- Brasil, Furnas. 2004. Usina de Manso - 210 MW. WEBFURNAS - Furnas Centrais Elétricas S.A. <http://www.furnas.com.br/>
- Browder, J. O. 1986. *Logging the Rainforest: A Political Economy of Timber Extraction and Unequal Exchange in the Brazilian Amazon*. Ph.D. dissertation in city and regional planning, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, E.U.A. 393 p.
- Browder, J. O., & B. J. Godfrey. 1997. *Rainforest Cities: Urbanization, Development, and Globalization of the Brazilian Amazon*. Columbia University Press, New York, E.U.A. 429 p.
- Brown, I. F., D. C. Nepstad, W. W. Thomas, M. Z. Moreira, C. A. C. Ferreira, & R. L. Victoria. 1995. Uncertainty in the biomass of Amazonian forests: An example from Rondônia. *Forest Ecology and Management* 75: 175-189.
- Cadman, J. D. 1989. Energy from the Amazon. *Civil Engineering* Dezembro de 1989: 54-57.
- Carvalho, G., A. C. Barros, P. Moutinho, & D. C. Nepstad. 2001. Sensitive development could protect Amazonia instead of destroying it. *Nature* 409: 131.
- Cleary, D. 1996. Mercury contamination and health risk in the Brazilian Amazon: An ethical dilemma. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 38: 247-248.
- Consórcio Brasiliana. 1998. *Programa Brasil em Ação: Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento*. Banco Nacional

de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) PBA/CN-01/97. Relatório Final do Marco Inicial, Consórcio Brasiliana, Brasília, DF. 3 vols.

Corrêa, M. 2001. "A aposta agora é na Amazônia: Inventário feito pelo governo indica que se concentra no Norte 43% do potencial energético". *Gazeta Mercantil* [Brasília] 20 de julho de 2001, p. A-4.

A *Crítica* [Manaus]. 2003. "MPF vê entraves para o gasoduto", 19 de março de 2003  
[http://www.acritica.com.br/noticias/detalhe.asp?var\\_materia\\_id=85571](http://www.acritica.com.br/noticias/detalhe.asp?var_materia_id=85571).

Coalizão Rios Vivos. 1999. Barragens no Rio Tocantins.  
[http://www.riosvivos.org.br/materia.php?mat\\_id=177](http://www.riosvivos.org.br/materia.php?mat_id=177)

da Rosa, S. L., and Z. Cardoso. 1993. Estado de Tocantins: Aportes para um desenvolvimento harmônico e autosustentado. OCTA Consultoria e Planejamento S/C Ltda., São Paulo, Brazil. 8 pp.

de Castro, E. V., & L. M. M. de Andrade. 1988. Hidrelétricas do Xingu: O estado contra as sociedades indígenas. p. 7-23 in L. A. O. Santos, & L. M. M. de Andrade (eds.) *As Hidrelétricas do Xingu e os Povos Indígenas*. Comissão Pró-Índio de São Paulo, São Paulo, SP. 196 p.

de Lima, I. B. T. 2002. *Emissão de metano em reservatórios hidrelétricos amazônicos através de leis de potência*. Tese de Ph.D. em energia nuclear, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, SP. 108 p.

de Oliveira, R. J. M.. 2001. Movimento Contra as Agressões Sócio-Ambientais da UHE/Samuel "Projeto Reparar": Os peixes pedem passagem—os homens também. Prefeitura Municipal de Itapuã do Oeste, Itapuã do Oeste, Rondônia, Paginação irregular.

de Sá, R. M. L. 1992. A view of hydroelectric dams in the Amazon, with emphasis on the Samuel Dam, Rondônia. *TCD Newsletter* 25: 1-4. [Tropical Conservation and Development Program, University of Florida, Gainesville, Florida, E.U.A.].

de Sá, R. M. L. 1995. Effects of the Samuel Hydroelectric Dam on Mammal and Bird Communities in a Heterogeneous Amazonian Lowland Forest. Tese de Ph.D. em recursos florestais e conservação, University of Florida, Gainesville, Florida, E.U.A. 140 p.

dos Santos, G. M. 1986. *Estudos de Ecologia e Controle Ambiental na Região do Reservatório da UHE Samuel, Convênio ELN/CNPq/INPA de 01.07.82. Relatório Setorial, Segmento Estimativa da Ictiofauna. Período Jan/Junho, 1986*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA),

Manaus, Amazonas. 38 p.

- Ellis, W. S., W. A. Allard, & L. McIntyre. 1988. Rondônia's settlers invade Brazil's imperiled rain forest. *National Geographic* Dezembro de 1988: 722-799.
- FADESP (Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa). 1996a. *Relatório de Estudos de Impacto Ambiental - EIA, referente ao projeto de implantação da Hidrovia dos rios Tocantins, Araguaia e Mortes*. FADESP, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará. 7 vols.
- FADESP (Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa). 1996b. *Relatório de Estudos de Impacto Ambiental - EIA, referente ao projeto de implantação da Hidrovia dos rios Tocantins, Araguaia e das Mortes*. FADESP, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará. 109 p.
- Faminow, M. D. 1998. *Cattle, Deforestation and Development in the Amazon: An Economic and Environmental Perspective*. CAB International, New York, E.U.A. 253 p.
- Fearnside, P. M. 1986a. Spatial concentration of deforestation in the Brazilian Amazon. *Ambio* 15: 72-79.
- Fearnside, P. M. 1986b. *Human Carrying Capacity of the Brazilian Rainforest*. Columbia University Press, New York, E.U.A. 293 p.
- Fearnside, P. M. 1986c. Settlement in Rondônia and the token role of science and technology in Brazil's Amazonian development planning. *Interciencia* 11: 229-236.
- Fearnside, P. M. 1987a. Deforestation and international economic development projects in Brazilian Amazonia. *Conservation Biology* 1: 214-221.
- Fearnside, P. M. 1987b. Causes of Deforestation in the Brazilian Amazon. p. 37-61 in R. F. Dickinson (ed.) *The Geophisiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions*. John Wiley & Sons, New York, E.U.A. 526 p.
- Fearnside, P. M. 1989a. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13: 401-423.
- Fearnside, P. M. 1989b. *A Ocupação Humana de Rondônia: Impactos, Limites e Planejamento*. (CNPq Relatórios de Pesquisa No. 5). Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF. 76 p.
- Fearnside, P. M. 1993. Deforestation in Brazilian Amazonia: The effect of population and land tenure. *Ambio* 22: 537-545.
- Fearnside, P. M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22: 7-19.

- Fearnside, P. M. 1996. Hydroelectric dams in Brazilian Amazonia: Response to Rosa, Schaeffer & dos Santos. *Environmental Conservation* 23: 105-108.
- Fearnside, P. M. 1997. Greenhouse-gas emissions from Amazonian hydroelectric reservoirs: The example of Brazil's Tucuruí Dam as compared to fossil fuel alternatives. *Environmental Conservation* 24: 64-75.
- Fearnside, P. M. 1999a. Social Impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24: 485-495.
- Fearnside, P. M. 1999b. Biodiversity as an environmental service in Brazil's Amazonian forests: Risks, value and conservation. *Environmental Conservation* 26: 305-321.
- Fearnside, P. M. 2000. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. p. 154-185 in C. Cavalcanti (ed.) *The Environment, Sustainable Development and Public Policies: Sustainability in Brazil*. Edward Elgar, Cheltenham, Reino Unido. 219 p.
- Fearnside, P. M. 2001a. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27: 377-396.
- Fearnside, P. M. 2001b. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. *Environmental Conservation* 28: 23-38.
- Fearnside, P. M. 2002a. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133: 69-96.
- Fearnside, P. M. 2002b. Time preference in global warming calculations: A proposal for a unified index. *Ecological Economics* 41: 21-31.
- Fearnside, P. M. 2002c. Avanço Brasil: Environmental and social consequences of Brazil's planned infrastructure in Amazonia. *Environmental Management* 30: 748-763.
- Fearnside, P. M. 2003. Conservation policy in Brazilian Amazonia: Understanding the dilemmas. *World Development* 31(5): 757-779.
- Fearnside, P. M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source, *Climatic Change* (no prelo).
- Fearnside, P. M. s/d. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* (no prelo).

- Fearnside, P. M., & R. I. Barbosa. 1996. Political benefits as barriers to assessment of environmental costs in Brazil's Amazonian development planning: The example of the Jatapu Dam in Roraima. *Environmental Management* 20(5): 615-630.
- Forsberg, B., J. M. Godoy, R. Victoria, & L. A. Martinelli. 1989. Development and erosion in the Brazilian Amazon: A geochronological case study. *GeoJournal* 19: 402-405.
- Foster, H. 1986. Statement by Hugh W. Foster, U.S. Alternative Executive Director to the Board of Executive Directors. Brazil: Electric Power Sector Loan. Declaração escrita ao World Bank Board of Executive Directors, datada 19 de junho de 1986. 4 Pages (Reproduzida em: *Information Packet: Brazilian Power Sector Loan*, Environmental Defense Fund, Washington, DC, E.U.A.).
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, C. Jambert, J.-F. Dumestre, L. Labroue, S. Richard, & P. Gosse. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* 11: 471-483.
- Galy-Lacaux, C., R. Delmas, J. Kouadio, S. Richard, & P. Gosse. 1999. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* 13(2): 503-517.
- Gawora, D. 1998. Produção de petróleo e de gás natural no Estado do Amazonas: Projeto Petrobrás de gás natural de Urucú. Lateinamerika Dokumentationsstelle Brasilien, Universität Gesamthochschule Kassel, Kassel, Alemanha. 23 p.
- Gazeta Mercantil* [Brasília]. 2001. "Energia: MP fixa prazos para licenças ambientais". 15 de maio de 2001. (<http://www.gazetamercantil.com.br>).
- Goodland, R. J. A. 1980. Environmental ranking of Amazonian development projects in Brazil. *Environmental Conservation* 7: 9-26.
- Graham, D. H. Jr. 1986. *The Samuel Dam: Land Use, Soil Erosion, and Sedimentation in Amazonia*. Dissertação de mestrado em geografia, University of Florida, Gainesville, Florida, E.U.A. 75 p.
- Gribel, R. 1993. Os mamíferos silvestres e as grandes barragens na Amazônia. p. 125-140 in E.J.G. Ferreira, G. M. Santos, E. L. M. Leão, & L. A. Oliveira (eds.) *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia, Vol. 2*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 435 p.
- Holden, C. 1987. World Bank launches new environment policy. *Science* 236: 769.
- Houghton, J. T., Y. Ding, D. G. Griggs, M. Nogueira, R. J. Van der

- Linden, & D. Xiausu (eds.) 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 944 p.
- International Rivers Network. 2002. *Flooding the Land, Warming the Earth: Greenhouse Gas Emissions from Dams*. International Rivers Network, Berkeley, California, E.U.A. 18 p.
- Isto É*. [São Paulo]. 1984. "Truques sem futuro: Constituinte e ministros são temperos para tomar palatável a prorrogação de Figueiredo". 16 de maio de 1984, p. 14-17.
- Johns, A. D. 1986. *Effects of Habitat Disturbance on Rainforest Wildlife in Brazilian Amazonia. Final Report*. World Wildlife Fund U.S., Washington, DC, E.U.A.
- Jornal do Brasil* [Rio de Janeiro]. 2003. "Novas usinas serão licitadas". 10 de março de 2003.  
<http://jbonline.terra.com.br/papel/economia/2003/03/10/jo reco20030310008.html>
- Jornal do Comércio* [Manaus]. 1986a. "Em defesa do INPA". 01 de abril de 1986, p. 2.
- Jornal do Comércio* [Manaus]. 1986b. "Schubart acha parecer sobre o Inpa alarmista". 01 de abril de 1986, p. 13.
- Junk, W. J., & J. A. S. de Mello. 1987. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. p. 367-385 in G. Kohlhepp, & A. Schrader (eds.) *Homem e Natureza na Amazônia*. Tübinger Geographische Studien 95 (Tübinger Beiträge zur Geographischen Lateinamerika-Forschung 3). Geographisches Institut, Universität Tübingen, Tübingen, Alemanha, 507 p.
- Jury, W. J. 1989. *Considerações sobre a ocorrência de canalículos em locais de barragem na região amazônica*. Masters thesis in geotechnica, Universidade de São Paulo em São Carlos, São Carlos, São Paulo, SP. 74 p.  
<http://ged.capes.gov.br/AgTest/silverstream/pages/pgRelatorioTesesCompleto.html?ANOBASE=1989&IDPROGRAMA=33002045009P3&SEQUENCIAL=5>
- Kacowicz, Z. 1985. Convênio ELETRONORTE/CNPq/INPA. Relatórios semestrais dos projetos "Estudos de ecologia e controle ambiental nas regiões dos reservatórios UHEs de Balbina e Samuel: Comentários. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF. 3 p.
- Kaiser, J. 2000. Mercury report backs strict rules. *Science* 289: 371-372.
- Kashima, Y., H. Akagi, Y. Kinjo, O. Malm, J. R. D. Guimarães, F. Branches, & R. Doi. 2001. Selenium and mercury concentrations in fish from the lower Tapajos River and the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. p. 280 in *6th*

*International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan.*  
ICMGP, Minamata, Japão, 392 p.

Kehring, H. A., O. Malm, H. Akagi, J. R. D. Guimarães, & J. P. M. Torres. 1998. Methylmercury in fish and hair samples from the Balbina Reservoir, Brazilian Amazon. *Environmental Research* 77: 84-90.

Koifman, S. 2001. Geração e transmissão da energia elétrica: Impacto sobre os povos indígenas no Brasil. *Cadernos da Saúde Pública* 17:314-423.

Laurance, W. F., M. A. Cochrane, S. Bergen, P. M. Fearnside, P. Delamônica, C. Barber, S. D'Angelo, & T. Fernandes. 2001. The Future of the Brazilian Amazon. *Science* 291: 438-439.

Leino, T., & M. Lodenius. 1995. Human hair mercury levels in Tucuruí area, state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment* 175: 119-125.

Leonel, M. 1987. *Contribuição à integração dos componentes ambientais à avaliação do POLONOROESTE: Hidrelétricas e BR-429.* POLONOROESTE, Porto Velho & Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), Rio de Janeiro, RJ. 61 p.

Lobato, E. 1993. "Odebrecht faz maioria das obras do setor elétrico". *Folha de São Paulo*, 05 de maio de 1993, Página 1-7.

Luz, S. L. B. 1994. *Estudo sobre os culicíneos (diptera: culicidae: culicinae) crepusculares e noturnos, vetores potenciais de patógenos de importância médica e veterinária na Estação Ecologica de Samuel - Rondônia.* Dissertação de mestrado em medicina veterinária, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, RJ. 94 p  
<http://ged.capes.gov.br/AgTest/silverstream/pages/pgRelatorioTesesCompleto.html?ANOBASE=1994&IDPROGRAMA=31002013003P3&SEQUENCIAL=20>

Machado, J. A. da C., & R. C. R. Souza. 2003. Fatores determinantes da construção de hidrelétricas na Amazônia: Bases para a exigência de indenização. p. 209-251 in L. E. Aragón, & M. Clüsener-Godt (eds.), *Problemática do Uso Local e Global da Água da Amazônia*. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA), Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará. 504 p.

Machado, O. 2003. "Hidrelétricas no rio Madeira somarão US\$ 4 bilhões em investimentos". *Canal Energia* 12 de março de 2003.  
<http://www.canalenergia.com.br/cenergia/calandra.nsf/0/B0172016E1B04E2203256CE70059B3E8?OpenDocument>.

Malm, O. M. B. Castro, W. R. Bastos, F. J. P. Branches, J. R. D. Guimarães, C. E. Zuffo, & W. C. Pfeiffer. 1995. An

assessment of Mercury pollution in different goldmining areas, Amazon Brazil. *The Science of Total Environment* 175: 127-140.

- Martinelli, L. A., R. L. Victoria, M. Z. Moreira, G. Arruda Jr., I. F. Brown, C. A. C. Ferreira, L. F. Coelho, R. P. Lima, & W. W. Thomas. 1988. Implantação de parcelas para monitoramento de dinâmica florestal na área de proteção ambiental, UHE Samuel, Rondônia: Relatório preliminar. Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, São Paulo (relatório não publicado), 72 p.
- Mera, P. A. S. 1985. Estudos de Ecologia e Controle Ambiental na Região do Reservatório da UHE Samuel, Convênio ELN/CNPq/INPA de 01.07.82. Relatório Semestral, Segmento Zooplâncton/Fitoplâncton, Período Julho/Dezembro, 1985. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 157 p.
- Mineração Taboca S/A & Perfil S/A. 1990. Estudo de Impacto Ambiental. [UHE Pitinga 2]. Mineração Taboca S/A, Manaus, Amazonas, Paginação irregular.
- Monteiro, R. R. 2003. "Furnas quer Itaipu amazônica." *Jornal do Brasil* [Rio de Janeiro]. 12 de março de 2003. <http://jbonline.terra.com.br/papel/economia/2003/03/12/jo reco20030312010.html>
- Munasinghe, M. 1988. Brazil: Proposed second power sector loan: Social and environmental aspects: Background note. Memorando do Banco Mundial, datada 19 de setembro de 1988, para participantes no "briefing session on the Brazilian Second Electric Power Sector Loan". [disponível de: Bank Information Center, Washington, DC, E.U.A.], 9 p.
- Nogueira, W. 1988. "China importa madeira em toras" *Amazonas em Tempo*, 09 de março de 1988, Caderno 1, p 8.
- Pereira Filho, W. 1990. *Integração de Dados de Sensoriamento Remoto Orbital e de Campo num Sistema de Informações Geográficas Visando à Avaliação do Impacto das Características Bióticas e Abióticas da Bacia de Captação sobre as Propriedades da Água do Reservatório de Tucuruí*. Masters dissertation in remote sensing, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, São Paulo.
- Pinto, L. F. 2002. "A derrota de Belo Monte". *O Estado de S.Paulo* 12 de novembro de 2002. <http://www.estadao.com.br>.
- Pires, F. B., & F. Vaccari. 1986. Alta-tensão por um fio. *Ciência Hoje* 4(23): 49-53.
- Porvari, P. 1995. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and river Mojú in Amazonian, in the state of Pará, Brazil. *The Science of the Total*



*Environment* 175: 109-117.

- Quintella, C. 2003. "Furnas apresenta projeto de hidrelétricas para geração de 7,3 mil MW". *Jornal do Brasil* [Rio de Janeiro], 12 de março de 2003.  
<http://jbonline.terra.com.br/pepel/economia/2003/03/12/joreco20030312010.html>.
- Revilla Cardenas, J. D. 1986. *Estudos de ecologia e controle ambiental na região do reservatório da UHE de Samuel. Convênio: ELN/MCT/CNPQ/INPA de 01.07.82. Relatório Setorial, Segmento: Estimativa da Fitomassa. Período julho-dezembro 1986*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 194 p.
- Revilla Cardenas, J. D., & I. L. do Amaral. 1986. *Estudos de Ecologia e Controle Ambiental na Região do Reservatório da UHE de Samuel: Convênio ELN/CNPq/INPA, de 01.07.82. Relatório Setorial. Segmento Minhocucus, Período Janeiro/Junho 1986*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 5 p.
- Rosa, L. P. 1996. Carbon dioxide and methane emissions: Indices, definitions and applications to Brazil energy system. p. 163-178 in L. P. Rosa, & M. A. dos Santos (eds.), *Greenhouse Gas Emissions under a Developing Countries Point of View*. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. 283 p.
- Rosa, L. P., M. A. dos Santos, J. G. Tundisi, & B. M. Sikar. 1997. Measurements of greenhouse gas emissions in Samuel, Tucuruí and Balbina Dams. p. 41-55 in L. P. Rosa, & M. A. dos Santos (eds.), *Hydropower Plants and Greenhouse Gas Emissions*. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. 111 p.
- Rosa, L. P., R. Schaeffer, & M. A. dos Santos. 1996. Emissões de metano e dióxido de carbono de hidrelétricas na Amazônia comparadas às termelétricas equivalentes. *Cadernos de Energia* No. 9: 109-157.
- Santos, H. S. B., O. Malm, & H. A. Kehrig. 2001. Mercury contamination in *Cichla temensis* (tucunaré) from Tucuruí Reservoir, Brazilian Amazon. p. 136 in *6th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP). Oct. 15-19, 2001, Minamata, Japan*. ICMGP, Minamata, Japão, 392 p.
- Schwartzman, S. 1986. *Bankrolling Disasters: International Development Banks and the Global Environment*. Sierra Club, Washington, DC, E.U.A., 32 p.
- Schwartzman, S., & M. Melone. 1987. The multilateral development banks and the Brazilian electrical energy sector. Environmental Defense Fund (EDF), Washington, DC, E.U.A. 29

p. + anexos.

- Sondotecnica. s/d [2003]. Usina hidrelétrica Samuel.  
[http://www.sondotecnica.com.br/ambiente\\_br.html](http://www.sondotecnica.com.br/ambiente_br.html).  
Sondotecnica, SA, Rio de Janeiro, RJ.
- Switkes, G. 2002. Brazilian government pushes ahead with plans for huge dam in Amazon. *World Rivers Review* 17(3): 12-13.
- Tadei, V. P. 1987. *Estudos de Ecologia e Controle Ambiental na Região do Reservatório da UHE Samuel, Convênio ELN/CNPq/INPA de 13-01-87, Relatório de Avanço e Acompanhamento Semestral, Segmento Doenças Endêmicas-Vetores da Malária, Período Janeiro-Julho, 1987*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 28 p.
- Tundisi, J. G., M. A. Santos, & C. F. S. Menezes. 2003. Tucuruí reservoir and power plant: Management experience brief.  
[http://www.worldlakes.org/uploads/Tucurui\\_15Jun03.pdf](http://www.worldlakes.org/uploads/Tucurui_15Jun03.pdf).
- van de Vate, J. F. 1996. Hydropower: Potential sources of greenhouse gases. In *Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain for Hydropower, Nuclear Power and Other Energy Sources. Papers Presented at an IAEA Advisory Group Meeting Jointly Organized by Hydro-Québec and the International Atomic Energy Agency, Hydro-Québec Headquarters, Montréal (Canada) 12-14 March 1996*. International Atomic Energy Agency (IAEA), Genebra, Suíça. (I1-AG-832.4), Paginação irregular.
- Veja. [São Paulo]. 1987. "Um jogo de faraós e empreiteiros". 20 de maio de 1987, p. 28-37.
- Weisser, S. C. 2001. *Investigation of the history of mercury contamination in the Balbina Reservoir, Amazon, Brazil*. Masters thesis in environmental toxicology, Universität Konstanz, Konstanz, Alemanha, 66 p.
- WHO (World Health Organization). 1976. Environmental Health Criteria 1: Mercury. WHO, Genebra, Suíça.
- World Bank. 1981. *Brazil: Integrated Development of the Northwest Frontier*. Latin American and Caribbean Regional Office, International Bank for Reconstruction and Development (IBRD), The World Bank, Washington, DC, E.U.A. 101 p.

**LEGENDAS DAS FIGURAS**

Figura 1- A Amazônia Legal com locais mencionados no texto.

Figura 2-- O reservatório de Samuel e o Estado de Rondônia.

Figura 3 - Toras em uma barcaça em Itacoatiara (fevereiro de 1988) esperando carregamento em navios rumo à China. A exceção aberta na proibição da exportação de madeira em tora para troncos oriundos do reservatório de Samuel era, segundo notícias, usada como cobertura para exportação de toras vindo de toda a parte ocidental da Amazônia.

Figura 4 - O reservatório de Samuel com árvores inundadas (março de 2001).

Figure 1



Figure 2

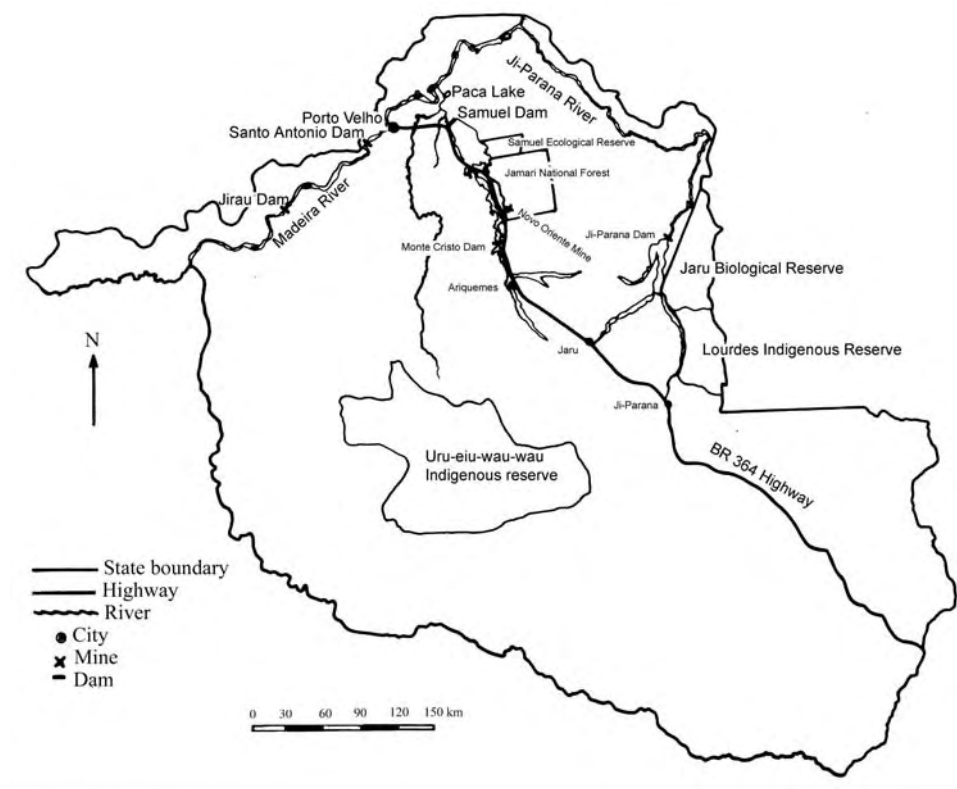


Fig. 3 (low-resolution black & white version)



Cover photograph (low-resolution black & white version)

