

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

[Globo Amazônia](http://Globo Amazonia)

Hidrelétricas amazônicas e a política energética – Parte 1

seg, 12/09/11

Ed. por [eduardo.carvalho](#) |

categoria [Uncategorized](#)

Impactos e Tomada de Decisão

Autoridades do setor energético anunciaram planos para dezenas de hidrelétricas na região amazônica do país, bem como nas partes amazônicas de países vizinhos, como Peru e Bolívia. O atual Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), ainda em discussão, prevê 48 novas grandes barragens na Região Norte [1]. Essas barragens implicam em enormes impactos que tem sido sistematicamente subestimados pelo Governo e pela indústria hidrelétrica.

Além disso, os benefícios para a população brasileira são muito menores do que aqueles retratados pelos proponentes de barragens, porque uma parcela significativa da energia é voltada para produção de produtos eletro-intensivos para exportação, como lingotes de alumínio primário, que geram poucos empregos no Brasil. Impactos incluem deslocamento de pessoas e perda de meios de subsistência para quem vive ao longo dos rios que são represados, incluindo os povos indígenas e residentes tradicionais (riberinhos). As perdas de peixes e outros recursos aquáticos ocorrem por toda bacia do rio onde uma represa é construída. A biodiversidade é perdida em habitats aquáticos e terrestres, e gases de efeito estufa são emitidos em escalas que excedem a produzida por combustíveis fósseis durante muitos anos. Esses impactos fornecem a justificativa para o governo brasileiro revisar com profundidade a sua política de energia e seus planos de expansão das represas amazônicas.

O Brasil precisa desenvolver fontes “alternativas” de energia, mas isso é apenas uma parte do que é necessário melhorar na política energética do País. A eficiência energética vem antes de fontes “alternativas”, e antes de tudo há a necessidade de repensar a finalidade da energia e em que medida esses usos são do interesse nacional. Reconhecer os impactos de hidrelétricas, particularmente em comparação com outras opções, representa uma parte central desta tarefa. Hidrelétricas têm enormes impactos, muitos dos quais não são amplamente conhecidos pelo público em geral e muitos dos quais não são considerados, ou não são devidamente avaliados, no atual sistema de licenciamento ambiental no Brasil e em muitos outros países. Os impactos maiores e benefícios menores das hidrelétricas, tanto em comparação com a imagem que a indústria hidrelétrica e o Governo tem promovido quanto em comparação com muitas outras opções. Os grandes impactos e benefícios modestos fornecem uma forte razão para uma mudança no setor de energia do Brasil. Isto inclui a eliminação das exportações intensivas de energia, o incentivo à eficiência e ao investimento em fontes eólica e solar. Este post faz uma breve revisão sobre os impactos das barragens amazônicas.

O fato evidente de que reservatórios inundam áreas de terra é quase o único foco de consideração nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) para barragens no Brasil. A perda de terra, e do que poderia ser produzido no local se uma barragem não tivesse sido construída, é, muitas vezes, substancial. Riquezas naturais além da terra em si também podem ser perdidas. O alagamento do Parque Nacional de Sete Quedas pelo reservatório de Itaipu é o exemplo mais conhecido no Brasil. Um exemplo atual é fornecido pelo plano do Governo para reduzir áreas de unidades de conservação existentes para abrir caminho para as primeiras seis barragens propostas no rio Tapajós [2].

O deslocamento de populações humanas que vivem na área inundada representa um impacto que é muito mais do que monetário. A barragem de Tucuruí fornece um exemplo onde 23.000 pessoas foram deslocadas pelo reservatório e onde áreas de assentamento experimentaram problemas dramáticos relacionados com a agricultura, a saúde e a falta de infraestrutura [3]. O número de pessoas que seria deslocado por Belo Monte é muito maior do que aqueles que são reconhecidos pelas autoridades elétricas, apesar de uma literatura internacional substancial que contradiz os critérios da empresa [4].

A contaminação por mercúrio é um dos custos ambientais e sociais do desenvolvimento hidrelétrico. Os sedimentos no fundo de um reservatório ficam sem oxigênio e fornecem um ambiente ideal para a metilização do mercúrio, ou seja, para adicionar um grupo metil (CH_3) ao mercúrio metálico, tornando-o um produto altamente venenoso. Quimicamente, o processo é similar ao metanogênese, ou a formação do metano (CH_4), que ocorre também sob as mesmas condições anóxicas.

A fonte do mercúrio nos ecossistemas aquáticos pode ser a mineração de ouro (garimpagem) feita diretamente na área do reservatório, tal como aquela que ocorreu na área a ser inundada pelas represas do rio Madeira e nas áreas das represas planejadas no rio Tapajós e em seus afluentes. O ouro garimpado na bacia hidrográfica do reservatório pode também ser uma fonte em potencial de mercúrio, tal como a mina Serra Pelada, localizada na área rio acima de Tucuruí. Entretanto, as entradas de mercúrio a partir da mineração do ouro não são necessárias para ter níveis elevados de mercúrio. Porque os solos na Amazônia são muito antigos, e assim tem acumulado mercúrio ao longo de milhões de anos por meio da poeira das erupções vulcânicas em todo o mundo que caía com a chuva sobre a paisagem [5, 6].

Este mercúrio encontra-se no solo em uma forma inofensiva, mas esta situação muda imediatamente quando o solo é inundado por um reservatório. Os reservatórios nas áreas sem uma história de mineração de ouro também tem níveis elevados de mercúrio, como em Balbina [7-9]. O mercúrio se concentra nos peixes, com a quantidade aumentando em aproximadamente dez vezes a cada etapa na cadeia alimentar. O tucunaré (*Cichla ocellaris* e *C. temensis*), um predador, é a espécie dominante de peixes em reservatórios amazônicos. Esta espécie foi encontrada em Tucuruí [10,11] e na represa de Samuel [12] com níveis de mercúrio que frequentemente excedem em muito os padrões internacionais de saúde para o consumo humano. Os seres humanos representam o elo seguinte na cadeia alimentar. Em Tucuruí, os residentes da margem do lago que consomem peixes tiveram níveis de mercúrio bem maiores do que os níveis em garimpeiros de ouro na Amazônia, que são notórios pela contaminação de mercúrio [13]. O fator principal que evita que a contaminação de mercúrio tenha um impacto mais difundido no Brasil é a produção muito baixa dos peixes nos reservatórios. A contaminação, conseqüentemente, é concentrada nas populações locais perto dos reservatórios, longe dos centros do poder político do País [ver 3,14].

Como são tomadas as decisões que optam por tirar o meio de vida de dezenas de milhares de pessoas, muitas vezes incluindo os povos indígenas e comunidades ribeirinhas tradicionais, é uma questão de justiça social. Os custos monetários de hidrelétricas podem ser distribuídos na sociedade, através do recolhimento de impostos e por maiores valores nas contas de luz, mas a maioria dos impactos ambientais e humanos incide sobre as pessoas que, por azar, vivem ao longo do rio que é represado. Geralmente essas pessoas estão longe de quem vai receber os benefícios.

A decisão de construir uma barragem é feita por um punhado de pessoas em instituições tais como Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás), o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e a Casa Civil. Enquanto o processo de licenciamento pode envolver anos de estudos, audiências e “consultas”, a decisão de construir a represa já tem sido feita em um sentido real (diferente do sentido teórico ou jurídico). A situação é semelhante a um general em uma guerra que enfia um alfinete em um mapa e no dia seguinte as bombas cairão para destruir tudo o que esteja lá. Aqui, um tomador de decisão colocará um alfinete em um mapa e uma década mais tarde aquele lugar será destruído. O tomador de decisão está distante e não sabe, ou não se preocupa, com o que acontece no chão como resultado da decisão. Aqueles que sofrerão os impactos não têm voz ou representação quando a decisão real é feita [15].

Referências

- [1] Brazil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2011. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. MME, Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, DF. 2 vols.
- [2] Angelo, C. 2011. “Por usinas, governo vai reduzir áreas de proteção”. *Folha de São Paulo*, 07 de junho de 2011, p. C-7.
- [3] Fearnside, P. M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24(4): 485-495.
- [4] Vainer, C.B., F.B.Vieira, F.S. de Sousa Monte, M.R. Nuti & R. de Mattos Viana. 2009. Extraído o conceito de atingido: Uma revisão do debate e diretrizes. p. 213-230 In: S.M.S.B.M. Santos & F. del Moral Hernandez (eds.) *Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo*

Monte. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, Pará. 230 p. Disponível em: [http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20\(3\).pdf](http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20(3).pdf)

[5] Roulet, M. & M. Lucotte. 1995. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air, and Soil Pollution* 80: 1079-1088.

[6] Roulet, M., M. Lucotte, I. Rheault, S. Tran, N. Farella, R. Canuel, D. Mergler & M. Amorim. 1996. Mercury in Amazonian soils: Accumulation and release. p. 453-457 In: S.H. Bottrell (ed.) *Proceedings of the Fourth International Symposium on the Geochemistry of the Earth's Surface, Ilkely*, University of Leeds, Leeds, Yorkshire, Reino Unido.

[7] 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.

[8] 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.

[9] Weisser, S.C. 2001. *Investigation of the history of mercury contamination in the Balbina Reservoir, Amazon, Brazil*. Dissertação de mestrado em toxicologia ambiental, Universität Konstanz, Konstanz, Alemanha, 66 p.

[10] 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.

[11] Santos, H.S.B., O. Malm & H.A. Kehrig. 2001. Mercury contamination in *Cichla temensis* (tucunarê) 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.

[12] 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.

[13] 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.

[14] Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.

[15] Este texto é adaptado de um capítulo a ser publicado pelo International Rivers e AmazonWatch. As pesquisas do autor são financiadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia–INPA (PRJ13.03) e o Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq (304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7).

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

Globo Amazônia

Hidrelétricas amazônicas e a política energética – Parte 2

seg, 12/09/11

Ed. por [eduardo.carvalho](#) |

categoria [Uncategorized](#)

Impactos abaixo e acima das represas

Impactos a Jusante

Os impactos das barragens vão muito além da área diretamente alagada pelo reservatório. Impactos a jusante são ignorados. No caso de Belo Monte, as pessoas que vivem a jusante não foram consideradas como “diretamente” afetadas e, portanto, não têm os mesmos direitos a consultas e indenização como aquelas na área a ser inundada. O chamado “trecho seco” abaixo de Belo Monte é resultado do desenho da barragem, que desvia a maior parte da água para o lado através de uma série de canais, para retornar ao rio em um ponto mais de 100 km a jusante. Duas áreas indígenas estão localizadas no longo trecho do rio na “Grande Volta” do rio Xingu que terá seu fluxo de água reduzido a uma quantidade mínima, privando os povos indígenas e outros residentes dos peixes que são a sua fonte principal de alimento, bem como o papel do rio para transporte.

Mesmo quando barragens tem um desenho mais comum, onde a água é lançada por uma casa de força localizada diretamente abaixo da represa, impactos a jusante são consideráveis. A água que passa através das turbinas é tirada perto do fundo do reservatório, a uma profundidade onde a água contém quase nenhum oxigênio. Esta

água precisa fluir a uma grande distância (centenas de km) abaixo da represa antes que ela recupere a quantidade de oxigênio que haveria no rio natural. A água sem oxigênio mata muitos peixes e evita que outros peixes subam o rio, como no caso dos peixes ascendendo os afluentes do rio Amazonas. A consequência para a subsistência dos moradores a jusante é dramática, e estes impactos ficam completamente sem reconhecimento ou indenização. A barragem de Tucuruí fornece um exemplo claro.

Em Cametá, a maior das cinco cidades ribeirinhas do baixo Tocantins (180 km abaixo de Tucuruí), a captura de peixes diminuiu em 82% e a captura de camarão de água doce diminuiu em 65% entre 1985 e 1987 [1; ver 2]. Os desembarques de pescado em Cametá, que eram 4.726 t/ano em 1985 [1], continuaram a decair, estabilizando em 284 t/ano, em média, para o período 2001-2006 [3, p. 97], ou uma perda de 94%. Apenas a perda de pescado em Cametá é maior que todo o desembarque de peixe no reservatório de Tucuruí, que era de 4.078 t/ano, em média, no período 2001-2006 [3, p. 97]. A maior parte da frota pesqueira em Cametá simplesmente desapareceu depois que o rio foi represado. O mesmo ocorreu com a frota pesqueira em São Sebastião do Uatumã, abaixo da barragem de Balbina [4].

O pulso de inundação em rios amazônicos sem barragens é uma característica essencial para quase todos os aspectos dos ecossistemas naturais de várzea, bem como da agricultura, que depende da renovação anual da fertilidade do solo por sedimentos depositados pelas inundações [5]. Esse pulso também é essencial para fornecer nutrientes para os lagos de várzea, onde muitas espécies de peixes se reproduzem (incluindo espécies comercialmente importantes). Esta é uma preocupação, por exemplo, para lagos de várzea ao longo do rio Madeira a jusante das barragens de Santo Antônio e Jirau [6]. O rio abaixo dessas barragens não foi considerado como sendo parte da área de influência das barragens e foi completamente omitido dos estudos de impacto ambiental (EIAs) [7].

Impactos a Montante

Barragens também impedem a migração de peixes, tanto subindo como descendo o rio. Muitas espécies de peixes na Amazônia tem uma “piracema”, ou uma migração em massa ubindo os afluentes no início da temporada de inundação. Após a reprodução nas nascentes do rio, os peixes recém-nascidos descem os afluentes à deriva e depois crescem até a idade adulta na calha principal do rio Amazonas. Este é o caso de grandes bagres como dourada (*Brachyplatystoma rouxeauxii*) e piramutaba (*B. vaillantii*), que sobem o rio Madeira para desovar na Bolívia e no Peru [8, 9]. O rio Madeira é um dos rios mais ricos em peixes no Brasil e no mundo. Os bagres gigantes do rio Madeira representam um recurso econômico e alimentar significativo na parte brasileira do rio, com mais de 23 mil toneladas pescadas anualmente. Eles também sustentam a pesca na Bolívia e no Peru, incluindo a frota de pesca em Puerto Maldonado, Peru.

Peru e Bolívia não foram nem consultados sobre as barragens, muito menos, compensados pelo impacto de impedir a migração de peixes. O plano para construir passagens em torno das barragens para os peixes não tem praticamente nenhuma chance de manter essa migração de peixes ascendente do rio, nem de prevenção da mortalidade dos peixes recém-nascidos descendo o rio [10]. Além das passagens em si serem de funcionalidade desconhecida para estes tipos de peixes, os bagres teriam que nadar por mais de 200 km dentro dos reservatórios das primeiras duas barragens (Santo Antônio e Jirau).

Por ser um peixe que nada no fundo do rio, ao longo deste percurso os bagres encontrariam muitos trechos sem oxigênio, uma deficiência a que estes peixes não sobrevivem, como foi evidente na grande mortandade de bagres na inauguração de Tucuruí [2]. No caso das larvas de peixes recém nascidas descendo o rio Madeira à deriva, teriam a tendência de submergir a níveis mais profundos na água, devido à velocidade muito baixa do fluxo dentro dos reservatórios, assim atingindo a camada de água sem oxigênio. Também teriam que passar por dois conjuntos de turbinas, causando mortalidade adicional.

Impactos a montante de reservatórios hidrelétricos também incluem o aumento do nível do rio no trecho que é conhecido como o “remanso superior”. Quando um rio entra em um reservatório na sua extremidade superior, a velocidade do fluxo da água cai imediatamente para um ritmo muito mais lento, causando sedimentação de partículas que estavam sendo carregadas pela água. As partículas grandes, tais como a areia, depositam-se no fundo do reservatório imediatamente, enquanto silte fino seria depositado perto da barragem no extremo inferior do reservatório. Isto é especialmente importante em um rio como o Madeira que tem uma das mais altas cargas de sedimentos no mundo.

O grande depósito na extremidade superior do reservatório faz um montículo que age como uma segunda barragem, retendo a água a montante dela e elevando o nível da água no remanso superior, ou seja, fora daquilo que é oficialmente considerado como parte do reservatório. Isto é crítico no caso das barragens do rio Madeira porque o reservatório da barragem de Jirau oficialmente estende-se exatamente até a fronteira com a Bolívia, mas o remanso superior iria inundar terras dentro da Bolívia, incluindo parte de uma unidade de conservação [6, 11]. O remanso superior não está incluído nos estudos de impacto ambiental (EIA-RIMA) para as represas do rio Madeira [7, 12].

Referências

- [1] Odinetz-Collart, O. 1987. La pêche crevettiere de *Macrobrachium amazonicum* (Palaemonidae) dans le Bas-Tocantins, après la fermeture du barrage de Tucuruí (Brésil). *Revue d’Hydrobiologie Tropical* 20(2): 131-144.
- [2] Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil’s Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396.
- [3] Cintra, I.H.A. 2009. *A Pesca no Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Estado do Pará, Brasil*. Tese de doutorado em engenharia de pesca, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. 190 p. Disponível em: http://www.pgengpesca.ufc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=32
- [4] Fearnside, P.M. 1989. Brazil’s Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423.
- [5] Junk, W.J. (ed.) 1997. *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha, 525 p.
- [6] Fearnside, P.M. 2006. Pareceres dos consultores sobre o Estudo de Impacto Ambiental do Projeto para aproveitamento hidrelétrico de Santo Antônio e Jirau, Rio

Madeira-RO. Parecer Técnico sobre ecossistemas. Parte B, Volume 1, Parecer 8, p. 1-15
In: *Pareceres Técnicos dos Especialistas Setoriais—Aspectos Físicos/Bióticos. Relatório de Análise do Conteúdo dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Santo Antônio e Jirau no, Rio Madeira, Estado de Rondônia.* Ministério Público do Estado de Rondônia, Porto Velho, Rondônia. 2 Vols. Disponível em: <http://www.mp.ro.gov.br/web/quest/Interesse-Publico/Hidreletrica-Madeira>

[7] FURNAS, CNO & Leme Engenharia. 2005. *EIA- Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO. 6315-RT-G90-001.* FURNAS Centrais Elétricas S.A, Construtora Noberto Odebrecht, S.A. (CNO) & Leme Engenharia. Rio de Janeiro, RJ, 8 Vols. Paginação irregular. Disponível em: <http://www.amazonia.org.br/arquivos/195010.zip>

[8] Barthem, R.B., M.C.L.B. Ribeiro & M. Petrere Júnior. 1991. Life strategies of some long distance migratory catfish in relation to hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Biological Conservation* 5: 339-345.

[9] Barthem, R. & M. Goulding. 1997. *The Catfish Connection: Ecology, Migration, and Conservation of Amazon Predators.* Columbia University Press, New York, NY, E.U.A., 184 p.

[10] Fearnside, P.M. 2009. Recursos pesqueiros. p. 38-39 In: A.L. Val & G.M. dos Santos (eds.) Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos (GEEA) Tomo II, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, Amazonas. 148 p.

[11] Molina Carpio, J. 2005. El megaproyecto hidroeléctrico y de navegación del Río Madera. pp. 101-116 In: *Geopolítica de los Recursos Naturales e Acuerdos Comerciales en Sudamerica.* Foro Boliviano sobre Medio Ambiente y Desarrollo (FOBOMADE), La Paz, Bolívia, 149 p. Disponível em: <http://www.fobomade.org.bo/publicaciones/docs/8.pdf>.

[12] Este texto é adaptado de um capítulo a ser publicado pelo International Rivers e AmazonWatch. As pesquisas do autor são financiadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia–INPA (PRJ13.03) e o Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico– CNPq (304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7).

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Hidrelétricas amazônicas e a política energética 3: Impactos de barragens em série

seg, 19/09/11

Ed. por [eduardo.carvalho](#) |

categoria [Uncategorized](#)

Um aspecto das represas com grandes impactos, e que escapam do atual processo de licenciamento ambiental, é a interconexão com outras barragens existentes ou previstas no mesmo rio. Esta é uma diferença importante de outros tipos de produção de energia elétrica, onde cada usina é independente das outras usinas.

A geração de energia pelas barragens a jusante é aumentada pela regulação das vazões de água de um rio, armazenando água durante o período de enchente e liberando a água durante o período de vazante. Esta água armazenada gera eletricidade várias vezes – uma vez na barragem a montante e novamente em cada barragem a jusante. Isso cria uma tentação embutida para construir mais barragens a montante de qualquer barragem que esteja sendo avaliada para o licenciamento.

Rio Xingu

O caso extremo é Belo Monte, cuja represa em si tem uma capacidade de armazenamento muito pequena (praticamente zero em armazenamento ativo) relativo à sua capacidade instalada de 11.233 MW. No rio Xingu o volume de água varia tanto ao longo do ciclo anual que os 11.000 MW de potência da usina principal ficarão completamente inativos durante cerca de quatro meses de cada ano, e apenas parcialmente utilizados para a maior parte do restante.

Esta é a raiz do maior perigo que representa Belo Monte, já que por si só é insustentável sem a água armazenada nas barragens a montante que eram publicamente propostas até 2008, quando a política declarada mudou para afirmar que Belo Monte seria a única barragem no rio Xingu. Esta alegação foi feita em uma decisão do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), que é composto por Ministros que mudam a cada administração presidencial.

Diversos indícios sugerem fortemente que os investidores de Belo Monte (e funcionários-chaves do governo no setor elétrico) não têm nenhuma intenção de seguir a política do CNPE. Acredita-se que a falta de viabilidade econômica de Belo Monte sem barragens a montante seja a chave para uma “crise planejada”, onde a necessidade de mais água seria de repente “descoberta” depois de Belo Monte ser construída, proporcionando assim uma justificativa para a aprovação de outras barragens [1, 2]. Outro indicativo é que, quando Marina Silva, então Ministra do Meio Ambiente, propôs a criação de uma Reserva Extrativista em parte da área a ser inundada por represas a montante, a proposta foi bloqueada pela Dilma Rousseff [atual presidente do Brasil] quando era chefe da Casa Civil, alegando que a reserva iria dificultar a construção de barragens a montante de Belo Monte [3].

As barragens que foram planejadas a montante de Belo Monte de 1975 até 2008 (Tabela 1) inundariam vastas áreas de terras indígenas, quase tudo isso sob floresta tropical [ver 4, 5]. A primeira destas barragens (Babaquara, re-nomeada de “Altamira”) iria inundar 6.140 km², ou mais de duas vezes a área da notória represa de Balbina. Nada disto foi considerado no EIA-RIMA de Belo Monte concluído em 2009 [6] e também foi excluído da versão anterior preparada em 2002 [7].

Tabela 1. Barragens na Bacia do Xingu

Rio	Barragem	Situação	Capacidade instalada (MW)	Área do reservatório (ha)	População afetada (oficial)
Xingu		Em			
	Belo Monte	construção	11.233	66.800	20.000
	Babaquara/Altamira	*	6.590	614.000	
	Kokraimoro	*	1.490	177.000	
	Ipixuna	*	1.900	327.000	
	Jarina	*	620	116.800	
Iri	Iri	*	770	406.000	
Totais			22.603	1.707.600	

Fontes: Belo Monte: <http://www.dams-info.org>; outras barragens: ver [4].

* Barragens a montante de Belo Monte foram oficialmente retiradas dos planos pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) em 17 de julho de 2008. No entanto, há fortes indícios de que os planos para essas barragens possam ser concretizados em uma data futura após uma “crise planejada” de falta de água em Belo Monte. Ver [4, 8].

Rio Madeira

Hidrelétricas no rio Madeira, duas sob construção e mais duas planejadas (Tabela 2), também representam uma configuração em cascata, mas por motivo diferente. No lugar do papel de barragens adicionais para armazenar água, as três barragens da série que estariam localizadas no rio principal teriam que ser completadas para viabilizar o uso do rio como hidrovia. O trecho do rio entre Porto Velho e Guajará Mirim não é navegável, devido à presença de cachoeiras, fato que motivou a construção da Estrada de Ferro Madeira-Mamoré durante o “boom” da borracha.

O relatório de inventário [9, pág. 6.22] é entusiástico sobre os benefícios potenciais das represas na melhoria dos transportes fluviais, afirmando que “Os ótimos solos da Bolívia, de alta produtividade e custos operacionais competitivos, terão seu potencial significativamente aumentado, podendo sobrepujar os melhores no mundo. Considerando que a navegação possui a melhor relação de custo entre todos os modais de transporte podemos afirmar que a implantação do sistema hidroviário integrado ora proposto acarretará, em seu pleno uso, reflexos diretos nos índices da economia agrícola nacional e regional.” O contraste é evidente entre o entusiasmo pelos benefícios da hidrovia na descrição das vantagens das represas e a falta de inclusão dos impactos da expansão da soja quando se fala dos custos ambientais da obra.

Estimativas preliminares de transporte de grãos totalizaram 28 milhões de toneladas/ano de Mato Grosso e 24 milhões de toneladas/ano da Bolívia [9, pág. 6.4]. O inventário alega que há 8 milhões de hectares de terras apropriadas para soja nas partes da Bolívia a serem servidas pelo transporte hidroviário ligado ao rio Madeira [9, pág. 6.4]. Se 8 milhões de hectares de terra apropriadas para grãos existem na Bolívia e esta área for convertida em soja, então os impactos das hidrelétricas e do projeto de hidrovia deveriam incluir a perda desta área de ecossistemas naturais, que por si só totaliza mais de 150 vezes a área dos reservatórios hidrelétricos.

A Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) menciona que a expansão agrícola (*i.e.*, soja) estimulada pela hidrovia resultará em perda de vegetação natural nas savanas de Beni, na Bolívia [10, pág. 156-157]. Além de impactos sobre a biodiversidade, a possibilidade de afetar o regime de hidrológico negativamente no rio Madeira é mencionada como um problema para o qual esta mudança contribuiria. A contramedida proposta é “ação integrada Brasil/Bolívia, necessária para viabilizar ordenamentos ambiental e territorial visando o controle da ocupação das terras e a manutenção da integridade das áreas protegidas”. Evidentemente, embora tais medidas sejam desejáveis para frear a perda de ainda mais áreas, elas não iriam contrabalançar o impacto da hidrovia em estimular a conversão de tanta área natural em soja.

Tabela 2. Barragens na Bacia do Madeira

Rio	Barragem	Situação	Capacidade Instalada (MW)	Área do reservatório (ha)
Madeira	Santo Antônio	Em construção	3.580	27.100
	Jirau	Em construção	3.900	25.800
	Guajará Mirim*	Planejada	3.000	?
Beni [Bolívia]	Cachuela Esperanza	Planejada	600	69.000
		Totais	11.080	?

Fontes:[11]; <http://www.dams-info.org>

* Também denominada a usina “Rio Madeira”.

Rio Tocantins

O projeto Tucuruí-II (1998-2002), que duplicou a capacidade instalada de Tucuruí de 4 mil para 8 mil MW, sem ter um EIA-RIMA, tem entre seus diversos impactos o aumento da pressão para regular a vazão do rio Tocantins, assim podendo utilizar a capacidade adicional instalada em Tucuruí durante mais meses do ano. Os planos para construção de hidrelétricas a montante de Tucuruí vêm evoluindo constantemente, mas desde muito tempo prevêm um grande número de barragens com pesados impactos. Inicialmente, incluíram 26 barragens [ver 12-14], mas uma lista da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) da situação dos planos em 2002 aumentou isto para 46 barragens, incluindo pequenos aproveitamentos [15]. Mougeot [16, pág. 97] estimou que todas as barragens na bacia Tocantins/Araguaia deslocariam 85.673 pessoas. Esta estimativa foi baseada na presunção que a população destas áreas vai permanecer constante nos seus níveis de 1985; como Mougeot [16, pág. 97] reconhece, estes valores serão "ultrapassados em muitas vezes até a data que todos os prováveis reservatórios seriam formados". Um deles seria o reservatório Santa Isabel no baixo rio Araguaia, que deslocaria uma população, provavelmente, "bem maior que a estimativa de 1980 de 60.000" pessoas [17, pág. 98]. Uma lista parcial dos planos atuais consta na Tabela 3. Observa que os números oficiais para pessoas a serem desalojadas são, geralmente, grosseiramente subestimados, inclusive para Santa Isabel.

Uma das primeiras prioridades no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2011-2020 [18] é a hidrelétrica Marabá, planejada para construção logo acima do reservatório de Tucuruí. Essa barragem desalojaria mais de 40 mil pessoas e inundaria parte da terra indígena Gavião.

As barragens no rio Tocantins (como a barragem de Marabá) e no rio Araguaia (como a barragem de Santa Isabel) teriam o duplo papel de armazenar água para geração de energia e de tornar esses rios navegáveis como hidrovias. As eclusas nas barragens de Tucuruí e de Lajeado/Luis Eduardo Magalhães já foram construídas, sem ter primeiro a aprovação de um EIA-RIMA para a hidrovia como um todo. Evidentemente, a grande despesa já realizada para construir essas eclusas seria perdida se não for feito o resto da hidrovia, com a construção das demais barragens e as suas respectivas eclusas. Isto cria uma força política grande para a aprovação das demais obras. Neste caso, a situação é mais grave ainda devido ao EIA-RIMA da hidrovia ter sido declarado como fraudulento pela justiça brasileira, devido à remoção de trechos que tratavam dos impactos nas populações indígenas na Ilha de Bananal [ver 4, 19].

Tabela 3. Barragens na Bacia do Tocantins (Parcial)

Rio	Barragem	Situação	Capacidade instalada (MW)	Área do reservatório (ha)	População afetada (oficial)
Tocantins	Tucuruí	Construída 1984	8.370	300.000	32.871
	Serra Quebrada	Planejada	1.328	38.600	14.000
	Marabá	Planejada	2.160	111.500	40.000
	Estreito	Planejada	1.087	59.000	5.937
	Tupiratins	Planejada	620	48.300	
	Ipueiras	Planejada	480	106.600	1.306
	Peixe Angical	Construída 2006	452	29.400	
	Cana Brava	Construída 2002	450	13.900	875
	São Salvador	Construída 2009	241	10.400	
	Serra da Mesa	Construída 1998	1.275	178.400	6.800
	Lajeado/Luis Eduardo Magalhães	Construída 2001	903	62.600	
Araguaia	Santa Isabel	Planejada	1.080	15.900	2.378
Perdida	Perdida-2	Planejada	48	3.500	24
Sono	Novo Acordo	Planejada	160	7.600	18
Paraná	Paraná	Planejada	95	28.000	
	Foz do Bezerra	Planejada	300	65.100	
	Nova Roma	Planejada	51	11.400	
	São Domingos	Planejada	70	5.100	
Palma	Barra de Palma	Planejada	58	8.200	
Tocantinzinho	Mirador	Planejada	80	5.200	60
Das Almas	Burití Queimado	Planejada	142	20.000	
Maranhão	Maranhão Baixo	Planejada	125	18.000	
Totais			19.575	1.146.700	

Fonte: <http://www.dams-info.org>

Rio Tapajós

Após a aprovação da Licença de Instalação de Belo Monte em 01 junho de 2011 (sem cumprir os condicionantes, e, portanto, de forma irregular), as atenções do setor energético passaram a focar o rio Tapajós como a próxima prioridade. Estão planejadas 13 grandes barragens na bacia até 2019 (Tabela 4). Destas, estão planejadas sete barragens no Pará nos rios Tapajós (São Luiz do Tapajós, Jatobá e Chacorão) e Jamanxim (Cachoeira do Caí, Jamanxim, Cachoeira dos Patos e Jardim do Ouro), e seis barragens no Mato Grosso nos rios Teles Pires (Teles Pires, São Manoel, Colider, Sinop e Magessi) e Apiacás (Foz do Apacás). As oito barragens nos Tapajós e Teles Pires formam uma hidrovía que levaria a produção de soja de Mato Grosso para Santarém.

Os planos para a Bacia do Tapajós que se baseavam em um inventário feito pela Eletronorte e a Camargo Correia, em 2008, [20] foram aumentados com o PDE 2019 [21] e o Programa de Aceleração do Crescimento-2 (PAC 2), lançado em março de 2010, que incluíram mais duas grandes barragens: Jardim de Ouro (227 MW) no rio Jamanxim e Chacorão (3.336 MW) no rio Tapajós. A mais polêmica é a barragem de Chacorão, pois inundaria 18.721 ha da terra indígena dos Munduruku.

Os reservatórios também inundariam áreas em unidades de conservação, tanto federais como estaduais [e.g., 22]. No caso de Chacorão, a barragem teria a dupla função de armazenar água para energia e tornar o rio navegável como hidrovia para o transporte de soja, assim configurando o padrão de força econômica e política para conseguir a aprovação de obras mesmo com impactos ambientais e sociais gravíssimos. Trata-se da consequência mais perversa do fenômeno de barragens em série [23].

Tabela 4. Barragens na Bacia do Tapajós

Rio	Barragem	Ano previsto	Capacidade instalada (MW)	Área do reservatório (ha)	Área inundada de unidades de conservação (ha)	Área inundada de terras indígenas (ha)	
Tapajós							
	São Luiz do Tapajós	2016	6.133	72.225	30.251		
	Jatobá	2019	2.338	64.630	2.753		
	Chacorão	?*	3.336	61.623	1.004	18.721	**
Jamanxim							
	Cachoeira de Caí	2019	802	42.000	15.700		
	Jamanxim	2019	881	7.445	8.516		
	Cachoeira dos Patos	2019	528	11.650	12.600		
	Jardim do Ouro	2019	227	42.606	15.700		
Teles Pires							
	Teles Pires	2019	1.820	12.300			
	São Manoel	2019	746	5.300			
	Colíder	2019	342	12.300			
	Sinop	2019	461	33.000			
	Magessi	?*	53	6.000			
Apiacás							
	Foz do Apiacás	2015	275	6.000			
Totais			17.942	377.079	86.524	18.721	

Fontes: [20, 21]; <http://www.dams-info.org>

* Barragens acrescentadas após o PDE 2019 [21].

** <http://www.tapajosvivo.org>

NOTAS

[1] Sousa Júnior, W.C., J. Reid & N.C.S. de Leitão. 2006. Custos e Benefícios do Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Uma Abordagem Econômico-Ambiental. Conservation Strategy Fund (CSF), Lagoa Santa, Minas Gerais. 90 p. Disponível em: <http://www.conservation-strategy.org>

[2] Sousa Júnior, W.C. & J. Reid, 2010. Uncertainties in Amazon hydropower development: Risk scenarios and environmental issues around the Belo Monte dam. *Water Alternatives* 3(2): 249-268.

[3] Angelo, C. 2010. "PT tenta apagar fama 'antiverde' de Dilma". *Folha de São Paulo*, 10 de outubro de 2010, p. A-15.

[4] Fearnside, P.M. 2006. Dams in the Amazon: Belo Monte and Brazil's hydroelectric development of the Xingu River Basin. *Environmental Management* 38(1): 16-27.

[5] Fearnside, P.M. 2006. A polêmica das hidrelétricas do rio Xingu. *Ciência Hoje* 38(225): 60-63.

[6] Brasil, ELETROBRÁS. 2009. *Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental*. Fevereiro de 2009. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). Rio de Janeiro, RJ. 36 vols.

[7] Brasil, ELETRONORTE. s/d [2002]. *Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental- E I A. Versão preliminar*. Centrais Elétricas do Norte do Brasil (ELETRONORTE), Brasília, DF. 6 vols.

[8] Fearnside, P.M. 2009. A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte I: O Descompasso entre o Discurso Teórico e a Prática do Setor de Energia. Site Globoamazonia 04/11/09. <http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>

[9] PCE, FURNAS & Odebrecht. 2002. *Inventário Hidrelétrico do Rio Madeira: Trecho Porto Velho – Abunã. Processo Nº 48500.000291/01-31. Relatório Final: MAD-INV-00-01-RT*. Projetos e Consultorias de Engenharia Ltda. (PCE), FURNAS Centrais Elétricas S.A. & Construtora Noberto Odebrecht S.A. (CNO), Rio de Janeiro, RJ. Paginação Irregular.

[10] ARCADIS Tetraplan, FURNAS & Construtora Noberto Odebrecht, S.A. 2005. *Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira: Avaliação Ambiental Estratégica. Relatório Final*. ARCADIS Tetraplan, FURNAS & Construtora Noberto Odebrecht, S.A., Rio de Janeiro, RJ. 169 p. + anexos.

[11] Switkes, G. (ed.). 2008. *Águas Turvas: Alertas sobre as Conseqüências de Barrar o Maior Afluente do Amazonas*. International Rivers, São Paulo, SP. 237 p. Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/am%C3%A9rica-latina/os-rios-da-amaz%C3%B4nia/rio-madeira/%C3%Aguas-turvas-alertas-sobre-conseq%C3%BC%C3%Aancias-de-barrar-o->

[12] Junk, W.J. & J.A.S.N. 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.

[13] Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

[14] 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.

[15] BID (Banco Interamericano do Desenvolvimento). 2002. Termos de referência: Elaboração do Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia. Interamerican Development Bank (IDB), Washington, DC, E.U.A. 18 p.

[16] Mougeot, L.J.A. 1987. O reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, Pará, Brasil: Uma avaliação do programa de reassentamento populacional (1976-85). p. 387-404. 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.

[17] Mougeot, L.J.A. 1990. Future hydroelectric development in Brazilian Amazonia: Towards comprehensive population resettlement. p. 90-129. In: D. Goodman & A. Hall (eds.) *The Future of Amazonia: Destruction or Sustainable Development?* MacMillan, London, Reino Unido. 419 p.

[18] Brazil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2011. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. MME, Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, DF. 2 vols.

[19] Fearnside, P.M. 2009. A Triste História da Hidrelétrica de Belo Monte III: Do EIA-RIMA Rejeitado ao Aval do Congresso. Site Globoamazonia 12/11/09 <http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>

[20] Brasil, Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A.) & CCCC (Construções e Comercio Camargo Correa S.A.). 2008. *Estudos de Inventário Hidrelétrico das Bacias dos Rios Tapajós e Jamanxim*. Eletronorte, Brasília, DF. 22 vols.

[21] Brasil, MME (Ministério das Minas e Energia) & EPE (Empresa de Pesquisa Energetica). 2009. *Plano Decenal de Expansão de Energia (2010-2019) PDE 2019*. MME, Brasília, DF.

[22] Angelo, C. 2011. "Por usinas, governo vai reduzir áreas de proteção". *Folha de São Paulo*, 07 de junho de 2011, p. C-7.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Hidrelétricas amazônicas e a política energética 4: Gás carbônico e óxido nitroso

seg, 19/09/11

Ed. por [eduardo.carvalho](#) |

categoria [Uncategorized](#)

Dióxido de Carbono (CO₂)

Hidrelétricas emitem gases de efeito estufa de várias formas por toda a vida desses projetos. Em primeiro lugar, há as emissões da construção da barragem a partir do cimento, aço e combustível usados. Estas emissões são maiores do que aquelas originadas por uma instalação para gerar a mesma quantidade de energia elétrica usando combustíveis fósseis ou fontes alternativas, tais como a eólica ou solar.

As emissões provenientes da construção da barragem também ocorrem durante vários anos antes do início da produção de eletricidade. Devido ao tempo ter valor para os impactos do aquecimento global, essa diferença de tempo adiciona maior impacto às hidrelétricas em relação à maioria das outras fontes [1]. As emissões causadas pela construção são estimadas em 0,98 milhões de toneladas de carbono equivalente de CO₂ para Belo Monte e 0,78 milhões de toneladas para Babaquara/Altamira, se calculado sem ponderação pelo tempo [2].

Outra importante fonte de emissões é o carbono lançado pela decomposição acima d'água das árvores que são mortas na inundação. As árvores são geralmente deixadas em pé no reservatório, onde elas se projetam acima da água e apodrecem na presença de oxigênio, lançando seu carbono como CO₂. Árvores adicionais são mortas na floresta não inundada perto da margem, incluindo floresta nas ilhas no reservatório, devido à elevação do lençol freático. Este acréscimo é maior em reservatórios com as margens retorcidas e com muitas ilhas, tais como Balbina [3].

A liberação de carbono da morte das árvores começa quando o reservatório é enchido pela primeira vez (bem antes de qualquer geração de eletricidade), e a maior parte das emissões ocorre nos primeiros anos de vida do reservatório. O valor de tempo, portanto, faz este impacto

inicial ter um efeito substancial das hidrelétricas em comparação com a geração de combustíveis fósseis, que liberam CO₂ na mesma hora que a eletricidade é produzida [1].

Para 1990 (o ano padrão para os inventários iniciais de gases de efeito estufa sob a Convenção de Clima), a emissão anual da decomposição acima d'água de árvores inundadas (não contando a mortalidade de árvores na margem) foi estimada em 6,4 milhões de toneladas de carbono para Balbina [4], 1,1 milhões de toneladas para Samuel [5] e 2,5 milhões de toneladas para Tucuruí [6]. A barragem de Babaquara/Altamira, 'não oficialmente' planejada para construção a montante de Belo Monte, em conjunto com Belo Monte, seria susceptível de se tornar a campeã em emissões, com uma média nos primeiros dez anos de 9,6 milhões de toneladas de emissões de carbono por ano originadas das árvores mortas pela inundação, que projetam acima d'água e apodrecem ao ar livre, mais 0,07 milhões de toneladas de emissões originadas pela decomposi o de árvores mortas na margem [2].

Há também emissão de dióxido de carbono pela água no reservatório, por meio de borbulhamento (ebuli o) ou difusão (emana o) através da superfície do reservatório ou da água liberada através das turbinas e vertedouros. Esta emissão de CO₂ vem de várias fontes. Uma parte   da decomposi o subaquática de árvores inicialmente presentes no reservatório, quer como CO₂ produzido diretamente se a biomassa da árvore decompõe na camada superficial da água que cont m oxigênio, ou indiretamente se a biomassa decompõe nas camadas profundas onde há pouco ou nenhum oxigênio e o carbono é liberado na forma de metano, do qual uma parte   posteriormente convertida em CO₂ por bactérias nas camadas superficiais.   esta via, da biomassa de árvores para metano dissolvido e posteriormente para CO₂ dissolvido, que se acredita ser a principal fonte de CO₂ emitido pela água em Balbina [7].

Dióxido de carbono também   lançado a partir do carbono do solo presente na terra inundada pelo reservatório. Como no caso das árvores, esta é uma fonte fixa que eventualmente irá se esgotar. Da mesma forma, a emissão   maior nos primeiros anos. Pesquisadores avaliando os efeitos ambientais da constru o da barragem de Petit Saut, na Guiana Francesa, acreditam que o carbono do solo seja a principal fonte de CO₂ e metano (CH₄) produzido no pulso inicial da emissão após alagamento [8].

O CO₂ emitido pela água inclui o carbono proveniente de fontes renováveis, além do carbono das fontes fixas, tais como árvores e carbono do solo. O carbono também entra no reservatório na forma de carbono orgânico dissolvido (de lixivia o) e de sedimentos provenientes da erosão de solo em toda a bacia hidrográfica a montante do reservatório. Este carbono é continuamente removido da atmosfera pela fotossíntese da floresta e transformado em biomassa. Quando a biomassa morta cai no chão da floresta, o seu carbono pode ser convertido em carbono orgânico no solo, sujeito   erosão. A biomassa morta também pode contribuir para exporta oes diretas de carbono, ainda em forma de biomassa, através da deposi o de folhas e gravetos mortos (serapilheira) no chão da floresta. Quantidades substanciais de material ainda não decomposto são carregadas para os córregos por enxurradas durante chuvas torrenciais [9]. Uma parte deste carbono acaba sendo armazenada em sedimentos no fundo do reservatório. Este armazenamento em sedimentos tem sido reivindicado como um benefício climático das barragens [por exemplo, 10]. No entanto, em uma contabilidade completa seria necessário deduzir a parte do carbono que, na ausência da barragem, teria sido carregada pelo rio e depositado em sedimentos oceânicos. S  uma parte do carbono chegaria ao oceano, pois parte seria emitida da água no percurso do rio, pois a superfície do rio Amazonas é conhecida como um emissor significativo de CO₂ [11].

Outras fontes de carbono renováveis incluem a fotossíntese no próprio reservatório, realizado por fitoplâncton, algas e plantas aquáticas (macrófitas). Também há uma fonte renovável nas plantas herbáceas que crescem na zona de deplecionamento. Esta zona   o lama al exposto ao redor da borda do reservatório cada vez que o nível da água   rebaixado para gera o de energia na esta o seca. Plantas herbáceas "moles", tais como ervas daninhas e gramíneas, crescem rapidamente nesta zona tão logo o nível da água desce. A  rea de deplecionamento pode ser grande: 659,6 km² em Balbina [3] e 3.580 km² no reservatório de Babaquara/Altamira ' não oficialmente' planejado [2]. Quando a água sobe novamente, as plantas morrem e, em seguida,

apodrecem rapidamente porque são macias (em contraste com a madeira, que contém lignina e se decompõe muito lentamente debaixo d'água). Quando há oxigênio presente na água, este carbono é lançado como CO₂, mas devido às ervas daninhas estarem enraizadas no fundo, muito da decomposição estará na água sem oxigênio na parte inferior do reservatório e irá produzir metano. Como no caso de metano proveniente de outras fontes, parte do metano será oxidada para CO₂ por bactérias antes de atingir a superfície. O restante será lançado como o metano, fazendo da zona de deplecionamento uma “fábrica de metano” que irá continuamente converter CO₂ atmosférico em metano, que é muito mais potente por tonelada de gás, em provocar o aquecimento global [12].

O CO₂ na água que chega proveniente de fontes renováveis, como a serapilheira da floresta, fitoplâncton, algas, macrófitas e a vegetação da zona de deplecionamento, deve ser distinguido do CO₂ proveniente de fontes fixas como as árvores inundadas e o carbono do solo. A parte de fontes fixas representa uma contribuição líquida para o aquecimento global, tomando cuidado para evitar a dupla-contagem de qualquer parte do carbono. A parte proveniente de fontes renováveis, no entanto, não representa uma contribuição para o aquecimento global porque a mesma quantidade de CO₂ que foi removida da atmosfera pela fotossíntese simplesmente está sendo retornada para a atmosfera sob a mesma forma (CO₂) após um período de meses ou anos [13]. Este autor optou por contar somente emissões de metano da superfície do reservatório e da água que passa através das turbinas e dos vertedouros, e não o CO₂ dessas fontes [por exemplo, 2, 6, 14]. O dióxido de carbono é contado apenas para a decomposição de árvores mortas que ocorre acima da água.

Óxido Nitroso (N₂O)

O Óxido Nitroso (N₂O) é outro gás de efeito estufa com uma contribuição dos reservatórios. As superfícies dos reservatórios amazônicos emitem uma média de 7,6 quilogramas de N₂O por quilômetro quadrado por dia [15], ou 27,6 quilogramas por hectare por ano. O solo da floresta de terra firme emite 8,7 quilogramas por hectare por ano [16, p. 37]. Conseqüentemente, os reservatórios emitem mais de três vezes tanto quanto as florestas que substituem. Considerando o valor do potencial de aquecimento global mais recente do Painel Intergovernmental sobre Mudança do Clima (IPCC) para o óxido nitroso, cada tonelada de N₂O tem um impacto ao longo de um período de 100 anos que é equivalente a 298 toneladas de gás de CO₂ [17]. Os reservatórios amazônicos emitem, portanto, 2,26 toneladas de carbono equivalente ao carbono na forma de CO₂ por hectare por ano, contra 0,74 para a floresta, deixando uma emissão líquida de 1,52 toneladas de carbono equivalente por hectare por ano. Para um reservatório de 3.000 quilômetros quadrados, como a represa de Balbina, isto representa quase meio milhão de toneladas do carbono equivalente por o ano. Medidas de emissões de N₂O no reservatório de Petit Saut, na Guiana Francesa, e no reservatório de Fortuna, no Panamá, indicam emissões em torno de duas vezes maior do que aquelas provenientes de solos sob floresta tropical [18]. As emissões dos solos da floresta variam consideravelmente entre locais, indicando a importância de medidas específicas para cada local para estimar as emissões pré-represa. Ao contrário do CO₂ e CH₄, quase toda a emissão de N₂O das represas ocorre através da superfície do reservatório, ao invés de ser emitida pela água que passa pelas turbinas [18]. A escala da emissão é grande: considerando somente emissões da superfície do reservatório, a parte do impacto sobre o aquecimento global provocada pelo N₂O varia de 29 a 31% da emissão total pela superfície, considerando CO₂, CH₄ e N₂O em quatro reservatórios em áreas tropicais da floresta: Tucuruí, Samuel, Petit Saut e Fortuna [18]. Nos reservatórios que não estão em áreas de floresta tropical as emissões de N₂O são muito mais baixas [19].

NOTAS

[1] 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(1): 64-75.

[2] Fearnside, P.M. 2009. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/315/501>

[3] Feitosa, G.S., P.M.L.A. Graça & P.M. Fearnside. 2007. Estimativa da zona de deplecionamento da hidrelétrica de Balbina por técnica de sensoriamento remoto. pp. 6713–6720 In: J.C.N. Epiphanyo, L.S. Galvão & L.M.G. Fonseca (eds.) *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil 21-26 abril 2007*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.15.55/doc/6713-6720.pdf>

[4] Fearnside, P.M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of ‘greenhouse’ gases. *Environmental Conservation* 22(1): 7-19.

[5] Fearnside, P.M. 2005. Brazil’s Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.

[6] Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil’s Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.

[7] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO₂ emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465.

[8] Tremblay, A., L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau. s/d [C. 2005]. The issue of greenhouse gases from Hydroelectric reservoirs: From boreal to tropical regions. (Manuscrito não publicado de Hydro-Québec) 11 p. Disponível em: http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/hydro_tremblaypaper.pdf

[9] Monteiro, M.T.F. 2005. *Interações na Dinâmica do Carbono e Nutrientes da Ladeira entre a Floresta de Terra Firme e o Igarapé de Drenagem na Amazônia Central*. Dissertação de mestrado em Mestre em Ciências de Florestas Tropicais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) & Fundação Universidade do Amazonas (FUA), Manaus, Amazonas. 93 p.

[10] Gagnon, L. 2002. The International Rivers Network statement on GHG emissions from reservoirs, a case of misleading science. International Hydropower Association (IHA), Sutton, Surrey, Reino Unido, 9 p.

[11] Richey, J.E., J.M. Melack, K. Aufdenkampe, V.M. Ballester & L.L. Hess. 2002. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. *Nature* 416: 617-620.

[12] Fearnside, P.M. 2008. Hidrelétricas como “fábricas de metano”: O papel dos reservatórios em áreas de floresta tropical na emissão de gases de efeito estufa. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 100-115.

[13] Se toda a biomassa das árvores mortas é contada como uma emissão de “desmatamento”, ou se for contada por diferença entre os estoques de biomassa em floresta e “áreas alagadas” (*wetlands*), como no caso da metodologia do IPCC [20, 21] usado no Brasil no primeiro e segundo inventários sob a Convenção de Clima [22, 23], então uma parte do mesmo carbono está sendo contada duas vezes. Cálculos do impacto de um reservatório que consideram todo este CO₂ como um impacto sobre o aquecimento global [por exemplo, 7, 24, 25] erram, portanto, no lado de cima para essa parte das emissões. Pesquisas para quantificar melhor as fontes de carbono que originam emissões de CO₂ em reservatórios deveriam ter alta prioridade.

- [14] Fearnside, P.M. 2005. Do hydroelectric dams mitigate global warming? The case of Brazil's Curuá-Una Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 10(4): 675-691.
- [15] Lima, I.B.T., R.L Victoria, E.M.L.M. Novo, B.J. Feigl, M.V.R. Ballester & J.M. Ometto. 2002. Methane, carbon dioxide and nitrous oxide emissions from two Amazonian reservoirs during high water table. *Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie* 28(1): 438-442.
- [16] Verchot, L.V., E.A. Davidson, J.H. Cattânio, I.L Akerman, H.E. Erickson & M. Keller. 1999. Land use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles* 13(1): 31-46.
- [17] Forster, P. & 50 outros. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing. p. 129-234 In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 996 p.
- [18] Guérin, F., G. Abril, A. Tremblay & R. Delmas. 2008. Nitrous oxide emissions from tropical hydroelectric reservoirs. *Geophysical Research Letters* 35: L06404, doi: 10.1029/2007GL033057.
- [19] Este texto é adaptado de um capítulo a ser publicado pelo International Rivers e AmazonWatch. As pesquisas do autor são financiadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA (PRJ13.03) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq (304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7).
- [20] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1997. *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IPCC, Bracknell, Reino Unido, 3 vols.
- [21] Duchemin, É. J.T. Huttunen, A. Tremblay, R. Delmas & C.F.S. Menezes. 2006. Appendix 3. CH₄ emissions from flooded land: Basis for future methodological development. p. Ap.3.1-Ap3.8 In: S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara & K. Tanabe (eds.) *Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme Technical Support Unit, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japão, Paginação Irregular.
- [22] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2004. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. MCT, Brasília, DF, 276 p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf
- [23] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2010. *Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. MCT, Brasília, DF, 2 Vols., 520 p.
- [24] dos Santos, M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D´Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & M.P.B. Ayr Júnior. 2008. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 116-129.
- [25] Saint Louis, V.C., C. Kelly, E. Duchemin, J.W.M. Rudd & D.M. Rosenberg. 2002. Reservoir surface as sources of greenhouse gases to the atmosphere: A global estimate. *Bioscience* 20: 766-775.

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



[Globo.com](#)

[Globo Amazônia](#)

Hidrelétricas amazônicas e a política energética 5: Metano

ter, 27/09/11

Editado por [eduardo.carvalho](#) |

categoria [Uncategorized](#)

As hidrelétricas têm uma importante contribuição nas emissões de metano (CH₄), um potente gás causador do aquecimento global. O metano é formado quando a matéria orgânica se decompõe sem a presença de oxigênio, por exemplo, no fundo de um reservatório. A água em um reservatório estratifica em duas camadas: uma camada superficial (o epilímnio) onde a água é mais quente e está em contato com o ar, e uma camada inferior (o hipolímnio), que se encontra abaixo de uma separação conhecida como a “termoclina”, porque a água abaixo deste ponto é muito mais fria.

Se expressa em termos do conteúdo de oxigênio dissolvido, a separação, que ocorre aproximadamente na mesma profundidade (de 2 a 10 m), é conhecida como a “oxiclina”. A água abaixo da termoclina ou oxiclina não se mistura com a água de superfície, com a exceção de eventos ocasionais onde a estratificação se desfaz e a água profunda sobe para a superfície, matando muitos peixes. Na Amazônia isso ocorre durante as friagens, característica climática da parte ocidental, mas não na parte oriental, da Amazônia. Balbina fica aproximadamente no limite oriental deste fenômeno e passou por vários eventos de mortandade de peixes durante as friagens. Sob condições normais, com a água do fundo isolada pela termoclina, o oxigênio dissolvido na água profunda é rapidamente esgotado ao oxidar uma parte das folhas e outras matérias orgânicas no fundo do reservatório, e, posteriormente, há produção de CH₄ em vez de CO₂. Como a água está fria e sob alta pressão na parte inferior do reservatório, altas concentrações de gases podem ser dissolvidas nela.

Lagos naturais e pântanos na Amazônia, incluindo a várzea e o Pantanal, são importantes fontes globais de metano [1-4]. Um reservatório hidrelétrico, no entanto, é uma fonte substancialmente maior de CH_4 por área de água devido a uma diferença crucial: a água do reservatório é tirada do fundo em vez de ser tirada da superfície. Lagos naturais e reservatórios irão emitir CH_4 através de bolhas e difusão na superfície, mas no caso do reservatório há uma fonte adicional de CH_4 da água que passa pelas turbinas e vertedouros. Estas tiram a água abaixo da termoclina, onde ela está saturada com metano. O reservatório é como uma banheira, onde se puxa a tampa e a água drena da parte inferior, em vez de sair por transbordamento da parte superior, como num lago.

Como a água que emerge das turbinas está sob alta pressão, a queda repentina na pressão quando é despejada a jusante fará com que a maior parte do metano forme bolhas e seja liberada para a atmosfera. Esta é a Lei de Henry na química, que sustenta que a solubilidade de um gás é proporcional à pressão. Depois, o aquecimento da água na medida em que ela desce o rio abaixo da barragem resultará em mais redução da solubilidade e aumento da liberação de gases (princípio de Le Chatelier).

Uma garrafa de Coca-Cola fornece a melhor ilustração da liberação de gás. Quando se abre a garrafa, bolhas de CO_2 formam-se imediatamente só porque a pressão foi removida com a retirada da tampa. A diferença de pressão é muito maior entre o fundo de um reservatório e o ar livre a jusante da barragem, levando ainda mais gás a ser lançado como resultado da Lei de Henry.

Alguns dos meus críticos têm utilizado o exemplo ilustrativo da Coca-Cola como alvo de ataque [5; ver resposta: 5]. Eles alegam que o refrigerante de guaraná é um exemplo melhor porque é transparente, permitindo ver que as bolhas continuam sendo liberadas por meia hora depois de abrir uma garrafa. Infelizmente, até mesmo para a parte do gás que tem a duração de meia hora na água que flui a jusante de uma barragem, a liberação é suficientemente rápida para que a maior parte do CH_4 seja emitida antes de ser convertida em CO_2 por bactérias na água.

Na verdade, muito da emissão ocorre imediatamente abaixo das turbinas e até mesmo dentro das próprias turbinas. Esta é a razão pela qual o uso das medições de fluxo de gás através da superfície da água no rio abaixo da barragem não é suficiente para quantificar o impacto das emissões da água que passa pelas turbinas, porque grande parte das emissões escapa dessas medições. Esta é a principal explicação de como o grupo de pesquisa montado por FURNAS foi capaz de alegar que as hidrelétricas são “100 vezes” melhores do que os combustíveis fósseis em termos de aquecimento global [7]. Na verdade, o início das medições de fluxo foi a distâncias abaixo das barragens que variaram desde 50 m nas barragens de Furnas, Estreito e Peixoto [8, p. 835] até 500 m nas barragens de Serra da Mesa e Xingó [9]. A única maneira para estimar a liberação sem tais distorções é com base na diferença nas concentrações de CH_4 na água acima e abaixo da barragem [por exemplo, 10, 11].

As estimativas do impacto das barragens amazônicas sobre o aquecimento global têm variado enormemente. A maioria das pessoas ouvindo sobre as diferentes estimativas através da imprensa não tem nenhuma informação sobre como foram feitas as medições subjacentes e o que é incluído ou omitido das estimativas. Examinar os estudos originais de todos os lados do debate é essencial. Recomendo a seção de “Controvérsias Amazônicas” do meu site (<http://philip.inpa.gov.br>), onde estão disponíveis ambos os lados do debate sobre as emissões de gases de efeito estufa [12].

NOTAS

[1] Devol, A.H., J.E. Richey, B.R. Forsberg & L.A. Martinelli. 1990. Seasonal dynamics in methane emissions from the Amazon River floodplain to the troposphere. *Journal of Geophysical Research* 95: 16.417- 16.426.

[2] Hamilton, S.K., S.J. Sippel & J.M. Melack. 1995. Oxygen depletion, carbon dioxide and methane production in waters of Pantanal wetland of Brazil. *Biogeochemistry* 30: 115-141.

- [3] Melack, J.M., L.L. Hess, M. Gastil, B.R. Forsberg, S.K. Hamilton, I.B.T. Lima & E.M.L.M. Novo. 2004. Regionalization of methane emission in the Amazon Basin with microwave 645 remote sensing. *Global Change Biology* 10: 530-544.
- [4] Wassmann, R. & C. Martius. 1997. Methane emissions from the Amazon floodplain. p. 137-143 In: W.J. Junk (ed.) *The Central Amazon Floodplain – Ecology of a Pulsing System*. Springer-Verlag, Heidelberg, Alemanha, 525 p.
- [5] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E.O. dos Santos, E. Sikar. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.
- [6] Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change* 66(2-1): 1-8.
- [7] Garcia R. 2007. Estudo apóia tese de hidrelétrica “limpa”: Análise em usinas no cerrado indica que termelétricas emitem até cem vezes mais gases causadores do efeito estufa. *Folha de São Paulo*, 01 de maio de 2007, p. A-16.
- [8] dos Santos M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D’Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & A.M.P. Bentes Júnior. 2009. Estimate of degassing greenhouse gas emissions of the turbinated water at tropical hydroelectric reservoirs. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 30(Part 6): 834-837.
- [9] da Silva, M., B. Matvienko, M.A. dos Santos, E. Sikar, L.P. Rosa, E. dos Santos & C. Rocha 2007. Does methane from hydro-reservoirs fit out from the water upon turbine discharge? SIL – 2007-XXX Congress of the International Association of Theoretical and Applied Limnology, Montreal, Québec, Canadá. <http://www.egmmedia.net/sil2007/abstract.php?id=1839>
- [10] Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil’s Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- [11] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809, doi: 10.1029/2007GL029479. 55.
- [12] Este texto é adaptado de um capítulo a ser publicado pelo International Rivers e AmazonWatch. As pesquisas do autor são financiadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia–INPA (PRJ13.03) e o Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq (304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7).

<http://colunas.globoamazonia.com/philipfearnside/>



Globo.com

[Globo Amazônia](#)

Hidrelétricas amazônicas e a política energética 6: Porquê as barragens não são “verdes”

ter, 27/09/11

Editado por [eduardo.carvalho](#) |

categoria [Uncategorized](#)

Segue uma breve revisão das razões para os resultados muito dispares sobre o impacto das barragens no aquecimento global. Estas são explicações técnicas; discussão das explicações mais profundas na sociologia da ciência, especialmente a influência da indústria hidrelétrica e o papel dos conflitos de interesse, pode ser encontrada em *Fizzy Science* (Ciência Efervescente), a publicação da ONG International Rivers, que foi nomeada em homenagem à controvérsia sobre bolhas na Coca-Cola *versus* o guaraná [1].

Em primeiro lugar, a omissão das emissões da água que passa pelas turbinas e vertedouros deveria ser óbvia. Esta omissão tem sido uma característica de longa data das estimativas produzidas pelo grupo da Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, liderado por Luis Pinguelli Rosa, que era o presidente da Eletrobras durante o debate memorável sobre esta matéria na revista *Climatic Change* [2-5].

Este mesmo grupo produziu as estimativas das emissões de barragens na primeira comunicação nacional do Brasil no âmbito da Convenção do Clima [6, 7], com resultados mais de dez vezes inferiores aos resultados deste autor no caso de barragens como Tucuruí e Samuel [8, 9]. A omissão das emissões originadas das turbinas e vertedouros foi a principal explicação. No primeiro inventário de gases de efeito estufa, as emissões de hidrelétricas foram calculadas para

nove das 223 barragens do Brasil, mas os resultados foram confinados a uma seção a parte e não incluídos na contagem das emissões totais do País [6, p. 152-153].

No segundo inventário nacional [10], as emissões hidrelétricas foram omitidas por completo (embora a emissão de CO₂ devido à perda de biomassa na conversão de floresta para “áreas alagadas” fosse incluída como uma forma de mudança de uso da terra). A omissão das emissões das turbinas e dos vertedouros não pode ser explicada com base na falta de conhecimento, já que o importante papel desempenhado pelas emissões provenientes destas fontes é claro a partir de medições diretas acima e abaixo das barragens de Petit Saut, na Guiana Francesa [11-15] e de Balbina, no Brasil [16-18].

A omissão das emissões de CO₂ proveniente de árvores mortas no reservatório mas que se projetam acima d'água, é uma omissão importante por muitos daqueles que concluíram que as emissões hidrelétricas são mínimas quando comparadas com as de combustíveis fósseis. Isso inclui os grupos financiados por FURNAS e Eletrobrás, já mencionados.

O exagero da emissão pré-represa é outra contribuição para as conclusões favoráveis às hidrelétricas. Como já mencionado, as áreas alagadas naturais são importantes fontes de metano, e isso tem sido usado para argumentar que a paisagem inundada por uma barragem emitiria grandes quantidades de metano de qualquer forma mesmo que não tivesse sido construída a barragem. Por exemplo, a Associação Internacional de Energia Hidrelétrica (IHA) considerou as emissões das hidrelétricas uma questão de “soma zero” porque elas não seriam superiores às emissões pré-barragem [19].

Belo

Monte

No caso de Belo Monte, presumiu-se que a área a ser inundada emitiria 48 miligramas de CH₄ por m² por dia antes da criação do reservatório, baseado em dois conjuntos de medidas da emissão da superfície do rio e do solo perto da margem [20; veja 21]. A maioria das medidas da emissão do solo na estação da cheia foi em solos encharcados que haviam sido expostos recentemente pela queda do nível da água no rio [20, p. 72], resultando em elevadas emissões de CH₄ que influenciariam pesadamente a média usada para toda a área de terra a ser inundada pela Belo Monte.

No entanto, as hidrelétricas normalmente são construídas em lugares com solos bem drenados, sendo escolhidos locais de corredeiras e cachoeiras em vez de áreas alagadas e planas. Isso ocorre porque a topografia íngreme resulta em uma maior geração de energia. Os solos sazonalmente alagados encontrados ao longo do rio não podem ser generalizados para a área de um reservatório, que, na Amazônia, geralmente é coberta de floresta de terra firme. O solo sob floresta de terra firme é geralmente considerado como um sumidouro de metano, em vez de uma fonte [22, 23].

Uma estimativa mais elevada do que seria realista para a emissão pré-represa conduz a uma subestimativa do impacto líquido. No caso do EIA de Belo Monte, o valor de 48 miligramas de CH₄ por m² por dia de emissão pré-represa foi subtraído da estimativa de 70,7 miligramas para a emissão do reservatório. Isto implica em uma subestimativa por várias razões, entre as quais o uso, para metade da estimativa, de medidas na represa de Xingó, em clima semiárido do Nordeste, onde as emissões seriam menores do que em uma represa amazônica. Este fator reduz as emissões, deixando apenas $70,7 - 48,0 = 22,7$ miligramas por m² por dia como a emissão líquida de metano.

Outra explicação de estimativas mais baixas para emissões de hidrelétricas no Brasil é uma correção pela lei de potência de uma forma matematicamente errada que tem sido repetidamente aplicada pelo grupo liderado por Luis Pinguelli Rosa no cálculo das emissões de bolhas e difusão a partir das superfícies de reservatório. Isto se originou da tese de doutorado de Marco Aurélio dos Santos [24], que é a base de um relatório da Eletrobrás [25] que calcula e tabula as emissões para as 223 barragens no Brasil naquela época, com uma superfície total de água de 32.975 km², ou seja, uma área maior do que a Bélgica. A correção equivocada continua a ser aplicada pelo

grupo (por exemplo, 26). Estes ajustes utilizados pela ELETROBRÁS reduzem as estimativas das emissões de superfícies em 76%, quando comparado com a média simples dos valores medidos [ver 27]. O problema é que as bolhas da superfície do reservatório normalmente ocorrem em episódios esporádicos, com intenso borbulhamento por um curto período, seguido por longos períodos com poucas bolhas. Como o número de amostras é inevitavelmente insuficiente para representar esses eventos relativamente raros, pode ser aplicada uma correção conhecida como a “lei de potência” para os dados de medição. No entanto, os eventos raros de maior impacto aumentam, ao invés de reduzirem, as emissões em comparação com a média simples.

Na verdade, há pelo menos cinco grandes erros matemáticos no cálculo da Eletrobrás, incluindo uma inversão do sinal de positivo para negativo. Observa-se, no entanto, que a subavaliação devido aos erros na aplicação da correção da lei de potência não somente se aplicam ao metano, mas também a emissão de CO₂, e nem toda essa emissão é uma contribuição líquida ao aquecimento global. A correta aplicação da lei de potência resulta em estimativas das emissões de metano a partir da superfície do reservatório que são 345% maiores do que a ELETROBRÁS estima [ver 27].

Erros

Uma metodologia de amostragem inadequada é outra maneira que pode resultar em estimativas de emissões várias vezes menores do que deveriam ser. Como já mencionado, a tentativa de estimar as emissões de turbinas e vertedouros por meio apenas de medições de fluxo, a partir da superfície do rio abaixo de uma barragem, fatalmente perderá uma boa parte das emissões, resultando em uma grande subestimação do impacto total. Este é um fator importante nas baixas estimativas realizadas por FURNAS e Eletrobrás. Mesmo estimativas com base em concentração (incluindo as minhas próprias) tem subestimado as emissões por causa da metodologia utilizada para obter amostras de água próximas ao fundo do reservatório.

O método quase universal é a garrafa de Ruttner, que é um tubo com “portas” que abrem em cada extremidade. O tubo é submergido usando uma corda, com as duas portas abertas e, próximo ao fundo, fecha-se as portas e a garrafa é puxada até a superfície. Água é então retirada para análise química. O problema é que gases dissolvidos na água sob pressão formarão bolhas dentro da garrafa de Ruttner quando ela é puxada para a superfície. O gás vaza em torno das portas (que não são herméticas) e, de qualquer modo, este gás seria perdido quando a água é removida na superfície, com uma seringa, para a determinação do volume de gás (pelo método conhecido como “*head-space*”) e para análise química. Este problema tem recentemente sido abordado por Kemenes e colaboradores [16].

Alexandre Kemenes inventou a “garrafa de Kemenes”, que recolhe a água em uma seringa que é submersa até a profundidade necessária. A seringa tem um mecanismo de mola que suga a água para a amostra, e as bolhas de gás que surgem quando a amostra é puxada até a superfície são capturadas e medidas. Uma comparação entre os dois métodos de amostragem indica que a concentração média de metano para uma amostra colhida a 30 m de profundidade é 116% maior se medido com a garrafa de Kemenes, assim, mais do que dobrando a quantidade de metano estimada que passaria através das turbinas em Balbina. A diferença seria ainda maior para reservatórios com turbinas mais profundas, como em Tucuruí.

Outro fator importante que afeta o cálculo do impacto de hidrelétricas é o potencial de aquecimento global (conhecido como o “GWP”, da sigla em inglês) de metano. Este é o fator de conversão para traduzir toneladas de metano em toneladas de CO₂ equivalente. Os valores para esta conversão aumentaram em sucessivas estimativas do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) e em publicações desde o último relatório do IPCC em 2007. As conversões são baseadas no horizonte de tempo de 100 anos aprovado pelo Protocolo de Quioto. O relatório intercalar de 1994 do IPCC estimou um valor de 11 para o GWP de metano, ou seja, o lançamento de uma tonelada de metano equivaleria ao impacto sobre o aquecimento global de 11 toneladas de CO₂ [28]. Este valor foi elevado para 21 no Segundo Relatório de Avaliação, de 1995, usado pelo Protocolo de Quioto [29]. Em 2001 foi elevado para 23 no Terceiro Relatório de Avaliação [30] e, em seguida, para 25 em 2007 no Quarto Relatório de Avaliação [31].

Desde então, um trabalho publicado na revista *Science*, que inclui efeitos indiretos não considerados no Quarto Relatório de Avaliação, estimou o valor em 34, com o intervalo de incerteza estendendo-se até um valor de mais de 40 [32]. Em comparação com o valor de 21 adotado pelo Protocolo de Quioto para o primeiro período de compromisso (2008-2012), o valor de 34 representa um aumento de 62%, ou seja, um grande aumento do impacto das hidrelétricas. Para hidrelétricas, as emissões de metano representam a maior parte do impacto, considerando que para combustíveis fósseis quase todas as emissões ocorrem sob a forma de CO₂.

Futuro

O valor de tempo é crucial para comparar o impacto do aquecimento global de hidrelétricas e combustíveis fósseis ou outras fontes de energia. As hidrelétricas tem uma grande emissão nos primeiros anos oriunda da morte das árvores, da decomposição subaquática do carbono do solo e das folhas da floresta original e a explosão de macrófitas nos primeiros anos devido à fertilidade maior da água. Nos anos seguintes, esta emissão cairá para um nível inferior, mas que irá ser mantido indefinidamente, proveniente de fontes renováveis como a inundação anual da vegetação tenra na zona de deplecionamento.

O pico das emissões nos primeiros anos cria uma “dívida” que vai lentamente ser paga, na medida em que a geração de energia pela barragem substitua a geração a partir de combustíveis fósseis nos anos subsequentes. O tempo decorrido pode ser substancial. Por exemplo, no caso de Belo Monte mais a primeira barragem a montante (Babaquara/Altamira), o tempo necessário para saldar a dívida da emissão inicial é estimado em 41 anos [33]. Isto é, mesmo com o verdadeiro impacto sendo subestimado, usando o valor do Protocolo de Quioto de 21 como o GWP de metano e usando as concentrações de metano medidas com as tradicionais garrafas de Ruttner. Um período de 41 anos tem uma enorme importância para a Amazônia, onde a floresta está sob ameaça das mudanças climáticas projetadas sobre esta escala de tempo [por exemplo, 34]. Uma fonte de energia que leva 41 anos ou mais apenas para chegar ao ponto zero em termos de aquecimento global dificilmente pode ser considerada como energia “verde” [35].

Conclusão

As hidrelétricas amazônicas têm impactos que são muito mais graves e abrangentes do que o que vem sendo retratado pelos proponentes de barragens. Impactos sociais são devastadores para as pessoas que vivem na área da represa, incluindo não apenas aquelas na área inundada, mas também aquelas a jusante e a montante da barragem que perdem recursos vitais, tais como peixes. Os povos indígenas e residentes tradicionais (riberinhos) frequentemente são as vítimas.

Impactos ambientais estendem para a bacia hidrográfica como um todo, incluindo alterações de fluxos de sedimentos e de água, bem como a perda da fauna aquática e a perda ou perturbação de vastas áreas de florestas, várzeas e outros ecossistemas. Barragens também emitem quantidades substanciais de gases de efeito estufa, muitas vezes ultrapassando as emissões cumulativas da geração a partir de combustíveis fósseis durante décadas. O valor do tempo é especialmente crítico para a Amazônia, onde as mudanças climáticas previstas colocam a floresta em risco na escala de tempo em que as mega-barragens planejadas criariam um impacto líquido sobre o aquecimento global. Por todos estes motivos, a geração hidrelétrica está longe de ser energia “verde”, e o Brasil precisa fazer mudanças rápidas na política energética para reduzir a expansão anunciada de barragens amazônicas [35].

Notas

[1] McCully, P. 2006. *Fizzy Science: Loosening the Hydro Industry's Grip on Greenhouse Gas Emissions Research*. International Rivers Network, Berkeley, California, E.U.A., 24 p. Disponível em: <http://www.irn.org/pdf/greenhouse/FizzyScience2006.pdf>

[2] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E.O. dos Santos, E. Sikar. 2004. Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions. *Climatic Change* 66(1-2): 9-21.

- [3] Fearnside, P.M. 2004. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: controversies provide a springboard for rethinking a supposedly “clean” energy source. *Climatic Change* 66(2-1): 1-8.
- [4] Rosa L.P., M.A. dos Santos, B. Matvienko, E. Sikar & E.O. dos Santos. 2006. Scientific errors in the Fearnside comments on greenhouse gas emissions (GHG) from hydroelectric dams and response to his political claiming. *Climatic Change* 75(1-2): 91-102.
- [5] Fearnside, P.M. 2006. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109.
- [6] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2004. *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. MCT, Brasília, DF, 276 p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf
- [7] Rosa, L.P., B.M. Sikar, M.A. dos Santos & E.M. Sikar. 2002. *Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência*. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE) Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF, 119 p. Disponível em: http://www.mct.gov.br/clima/comunic_old/pdf/metano_p.pdf
- [8] Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management* 35(1): 1-19.
- [9] Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96.
- [10] Brasil, MCT (Ministério da Ciência e Tecnologia). 2010. *Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. MCT, Brasília, DF, 2 Vols., 520 p.
- [11] Abril, G., F. Guérin, S. Richard, R. Delmas, C. Galy-Lacaux, P. Gosse, A. Tremblay, L. Varfalvy, M.A. dos Santos & B. Matvienko. 2005. Carbon dioxide and methane emissions and the carbon budget of a 10-years old tropical reservoir (Petit-Saut, French Guiana). *Global Biogeochemical Cycles* 19: GB 4007, doi: 10.1029/2005GB002457
- [12] Delmas, R., S. Richard, F. Guérin, G. Abril, C. Galy-Lacaux, C. Delon & A. Grégoire. 2004. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. p. 293-312. In: A. Tremblay, L. Varfalvy, C. Roehm & M. Garneau (eds.) *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*. Springer-Verlag, New York, NY, E.U.A., 732 p.
- [13] 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(4): 471-483.
- [14] 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.
- [15] Guérin, F., G. Abril, S. Richard, B. Burban, C. Reynouard, P. Seyler & R. Delmas. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. *Geophysical Research Letters* 33: L21407, doi: 10.1029/2006GL027929.

[16] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO₂ emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465.

[17] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2007. Methane release below a tropical hydroelectric dam. *Geophysical Research Letters* 34: L12809, doi: 10.1029/2007GL029479. 55.

[18] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2008. As hidrelétricas e o aquecimento global. *Ciência Hoje* 41(145): 20-25.

[19] Gagnon, L. 2002. The International Rivers Network statement on GHG emissions from reservoirs, a case of misleading science. International Hydropower Association (IHA), Sutton, Surrey, Reino Unido, 9 p.

[20] Brasil, ELETROBRÁS. 2009. *Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte: Estudo de Impacto Ambiental*. Fevereiro de 2009. Centrais Elétricas Brasileiras (ELETROBRÁS). Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 36 vols., Apêndice 7.1.3-1.

[21] Fearnside, P.M. 2009. O Novo EIA-RIMA da Hidrelétrica de Belo Monte: Justificativas Goela Abaixo. p. 108-117 In: S.M.S.B.M. Santos & F. del M. Hernandez (eds.) *Painel de Especialistas: Análise Crítica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico de Belo Monte*. Painel de Especialistas sobre a Hidrelétrica de Belo Monte, Belém, Pará, Brasil, 230 p. Disponível em: [http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20\(3\).pdf](http://www.internationalrivers.org/files/Belo%20Monte%20pareceres%20IBAMA_online%20(3).pdf)

[22] Keller, M., D.J. Jacob, S.C. Wofsy & R.C. Harriss. 1991. Effects of tropical deforestation on global and regional atmospheric chemistry. *Climatic Change* 19(1-2): 139-158.

[23] Potter, C.S., E.A. Davidson & L.V. Verchot. 1996. Estimation of global biogeochemical controls and seasonality on soil methane consumption. *Chemosphere* 32: 2.219-2.246.

[24] dos Santos, M.A. 2000. Inventário de emissões de gases de efeito estufa derivadas de hidrelétricas. Tese de doutorado em planejamento energético. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 148 p. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/masantos.pdf>.

[25] Brasil, ELETROBRÁS (Centrais Elétricas Brasileiras S/A). 2000. Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros: Relatório final. *Relatório Técnico*. ELETROBRÁS, dea, deea, Rio de Janeiro, RJ, 176 p. Disponível em: <http://wwwq2.eletrabras.com/elb/services/eletrabras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID=%7BCAFECBF7-6137-43BC-AAA2-35181AAC0C64%7D&ServiceInstUID=%7B3CF510BA-805E-4235-B078-E9983E86E5E9%7D>.

[26] dos Santos, M.A., L.P. Rosa, B. Matvienko, E.O. dos Santos, C.H.E. D´Almeida Rocha, E. Sikar, M.B. Silva & M.P.B. Ayr Júnior. 2008. Emissões de gases de efeito estufa por reservatórios de hidrelétricas. *Oecologia Brasiliensis* 12(1): 116-129.

[27] Pueyo, S. & P.M. Fearnside. 2011. Emissões de gases de efeito estufa dos reservatórios de hidrelétricas: Implicações de uma lei de potência. *Oecologia Australis* 15(2): 114-127. doi: 10.4257/oeco.2011.1502.02

[28] Albritton, D.L., R.G. Derwent, I.S.A. Isaksen, M. Lal & D.J. Wuebbles. 1995. Trace gas radiative forcing indices. p. 205-231. In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, J. Bruce, H. Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris & K. Maskell, (eds.) *Climate Change 1994: Radiative Forcing of*

Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 339 p.

[29] Schimel, D. & 75 outros. 1996. Radiative forcing of climate change. pp. 65-131 In: J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg & K. Maskell (eds.) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 572 p.

[30] Ramaswamy V. & 40 outros. 2001. Radiative forcing of climate change. p. 349-416 In: J.T. Houghton, Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, R.J. Van der Linden & D. Xiasu (eds.) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 881 p.

[31] Forster, P. & 50 outros. 2007. Changes in Atmospheric Constituents and Radiative Forcing. p. 129-234 In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, 996 p.

[32] Shindell, D.T., G. Faluvegi, D.M. Koch, G.A. Schmidt, N. Unger & S.E. Bauer. 2009. Improved attribution of climate forcing to emissions. *Science* 326: 716-718.

[33] Fearnside, P.M. 2009. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/315/501>

[34] Fearnside, P.M. 2009. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Brasiliensis* 13(4): 609-618.

[35] Este texto é adaptado de um capítulo a ser publicado pelo International Rivers e AmazonWatch. As pesquisas do autor são financiadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia–INPA (PRJ13.03) e o Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico–CNPq (304020/2010-9; 575853/2008-5, 573810/2008-7).