

Parecer técnico

Remoção prévia da vegetação na área do reservatório da UHE Sinop

Philip M. Fearnside

1.) Legislação sobre remoção

A Lei nº 3.824/60 “torna obrigatória a destoca e conseqüente limpeza das bacias hidráulicas dos açudes, represas ou lagos artificiais”. Esta Lei permite deixar vegetação que é necessária para a vida de peixes, mas não há menção nesta Lei da obrigatoriedade de remoção ser condicionada à modelagem mostrar que a qualidade da água seria abaixo de algum nível definido como aceitável. A exigência de um mínimo de qualidade de água (4 mg/litro de oxigênio dissolvido) seria uma demanda além de ter a vegetação removida. Não conheço nenhuma alteração posterior da exigência na Lei nº 3.824/60, e os documentos do proponente propondo deixar floresta sem remoção (CES, 2016; EON Consultoria e Planejamento S/C Ltda., 2018) não mencionam nenhuma alteração deste tipo para embasar a proposta para deixar parte da área sem remoção prévia da vegetação. É obvio que várias barragens têm sido construídas sem observar a Lei, mas entendo que o País está caminhando para voltar à legalidade neste aspecto.

2.) Peixes e floresta morta em reservatórios

Há razões para duvidar que seja necessário deixar árvores em pé para o benefício de peixes em reservatórios amazônicos. O parecer sobre ictiofauna encomendado pela Companhia Energética de Sinop (CES, 2016, p. 129-197) destaca o papel de árvores mortas deixadas no reservatório como abrigos para proteger peixes pequenos contra os predadores. Embora madeira morta tenha este papel em certas situações, a vantagem no caso de um paliteiro em um reservatório como o da UHE Sinop não seria tão grande. Geralmente, este abrigo é fornecido por peças no fundo que se encontram em posição horizontal, como no trabalho de Sass *et al.* (2006) sobre um lago nos Estados Unidos usado como ilustração no referido parecer (p. 154). No caso de troncos verticais de árvores em pé, como na UHE-Sinop, este papel seria bem menor. Também, é provável que o reservatório da UHE-Sinop seja estratificado termalmente, com água sem oxigênio no fundo. Isto resultaria nos peixes não poderem aproveitar as vantagens de quaisquer galhos e troncos em posição horizontal no fundo do lago. Peixes que costumam ficar no fundo, como bagres, se dão mal em reservatórios, enquanto peixes que ficam mais perto da superfície, como o tucunaré, predominam. Isto é claro em reservatórios amazônicos de armazenamento, como Tucuruí e Balbina.

O parecer sobre ictiofauna (CES, 2016, p. 129-197) apresenta o exemplo do reservatório de Mourão, na bacia do rio Paraná, onde há mais peixes em uma parte deste reservatório com paliteiro do que em uma parte sem paliteiro (Gois *et al.*, 2015). O parecer (p. 152) sugere que um fator importante seria a disponibilidade de perifiton, o seja, um lodo que cresce na superfície dos troncos submersos e que é consumido por algumas espécies de peixes. De fato, perifiton cresce em troncos submersos, como no caso do

reservatório de Balbina. Embora o aproveitamento de perifiton por peixes ocorra, este fator pode ter um papel modesto em manter o estoque de peixes em um reservatório. O caso de Balbina ilustra como a presença de um “paliteiro” de árvores mortas no reservatório não garante a produção de peixes. O reservatório da UHE Balbina foi enchido entre outubro de 1987 e março de 1989, criando o que provavelmente é o maior paliteiro do mundo (Fearnside, 1989). Mesmo assim, a produção de peixes sempre foi extremamente baixa. A produção entrou em colapso (Figura 1), e o reservatório tinha que ser fechado para pesca comercial a partir de 1997.

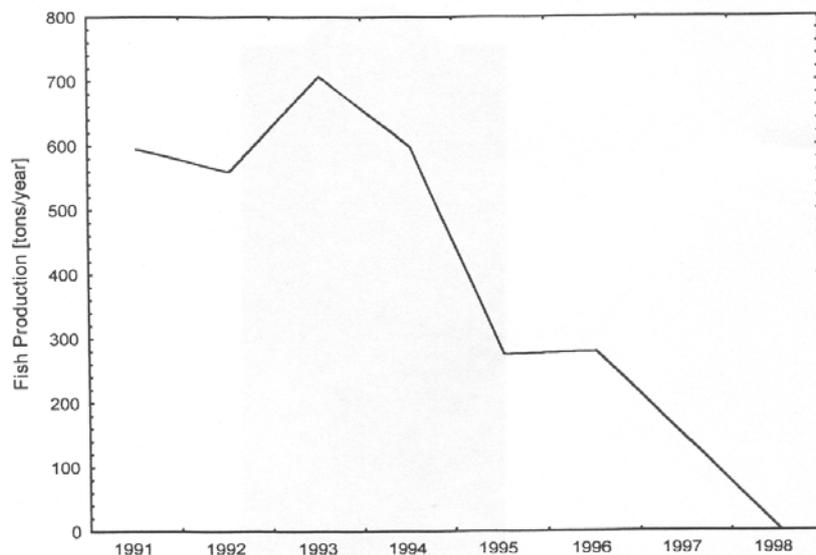


Figure 11: Commercial Fish Production in tons per year from the Balbina Lake for the time period 1991 until 1998.

Table 11 : Data of Commercial Fish Production in kg from the Balbina Lake.

Figura 1. Desembarque se pescado da pesca comercial no reservatório de Balbina. O reservatório tinha que ser fechado para pesca comercial a partir de 1997, apesar de ter um enorme paliteiro. Fonte: Weisser (2001).

A decomposição de serapilheira, folhas e outro material orgânico de fácil degradação leva à diminuição do oxigênio na água, especialmente durante o enchimento do reservatório. Isto pode causar mortandade de peixes dentro do reservatório, e o lançamento desta água pelas turbinas e vertedouros pode matar peixes a jusante da barragem. A mortalidade em Tucuruí é um exemplo (Fearnside, 2001). Houve mortalidade semelhante na UHE de Estreito, no rio Tocantins, em 2011 (Marinho, 2011a,b). No UHE Colider, no rio Teles Pires, houve mortalidade ao concluir o enchimento do reservatório (*Notícia Exata*. 2018), embora outras causas também são alegadas (G1, 2018). Também houve mortandade durante a construção no caso de Colider, antes de começar o enchimento do reservatório (Goreth, 2014).

3.) Gases de efeito estufa e floresta morta em reservatórios

Barragens amazônicas podem emitir quantidades bastante grandes de gases de efeito estufa, incluindo metano (CH₄), que tem um impacto sobre o aquecimento global muito maior por cada tonelada do que gás-carbônico (CO₂). As hidrelétricas emitem muito nos primeiros anos após o enchimento do reservatório, e o metano também tem seu impacto

concentrado nos primeiros anos após a emissão. Estes dois fatos fazem as hidrelétricas especialmente prejudiciais para os esforços em curso para controlar o aquecimento global (Fearnside, 2016a), que precisa ser contido nos próximos anos para evitar danos muito maiores (e.g., IPCC, 2018; Steffen *et al.*, 2018).

Especialmente em barragens de armazenamento, como Tucuruí e Sinop, a água no reservatório tende a estratificar em camadas que são separadas por temperatura. Há uma camada superficial, de 2-10 m de espessura (o epilímnio) com temperatura maior, e, por ser em contato com o ar, com presença de oxigênio na água (Figura 2). Uma divisória, chamada de termoclina, separa esta camada da camada mais profunda (o hipolímnio), que tem água é fria e não mistura com a água da superfície. Nesta água profunda a primeira decomposição de matéria orgânica vegetal, e de carbono lábil no solo, forma CO_2 , assim retirando o oxigênio da água. Quando o oxigênio acaba, a decomposição forçadamente termina e metano, assim enriquecendo a água com este gás de efeito estufa.

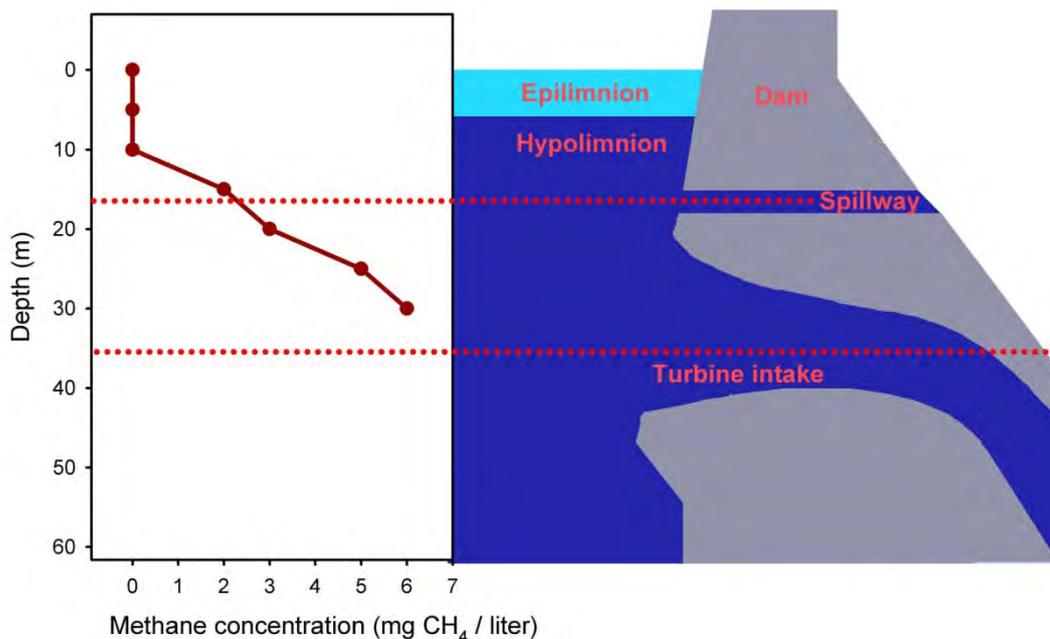


Figura 2. Diagrama da barragem de Tucuruí, com os teores de metano (CH_4) na água indicados no gráfico no lado esquerdo. A água passando pelos vertedouros e pelas turbinas é tirada de uma profundidade com alto teor de metano. Este metano é liberado ao ar abaixo da barragem. Fonte: Fearnside & Pueyo (2012).

A barragem de Sinop tem vertedouros e tomadas de água para as turbinas localizadas em profundidades que implicam em altos teores de metano (Figura 3).



Foto: P.M. Fearnside, 13 de novembro de 2018.

Figura 3. A barragem da UHE Sinop, vista do lado a montante com o rio no seu nível natural sem barramento. As três comportas, e, a sua direita, os dois conjuntos de três stop-logs nas entradas das duas turbinas, são todas localizadas a profundidades que tirariam água abaixo do nível da termoclina que divide a coluna d'água em um reservatório estratificado, geralmente a 2-10 m de profundidade. A água na profundidade das entradas na UHE-Sinop teria teor elevada de metano, que seria lançado ao ar quando a água emerge em um ambiente com pressão igual a uma atmosfera, abaixo da barragem.

A UHE Sinop é prevista para ter emissões bastante altas de gases de efeito estufa, como mostrado pelo trabalho de Faria *et al.* (2015) na revista *Environmental Research Letters*. Este estudo mostrou que, mesmo considerando o potencial de aquecimento global (GWP) de metano para 100 anos, “a maior parte dos fatores de emissão simulados para Cachoeira dos Patos, Cachoeira do Caí, e Sinop são mais altos do que para usinas termoelétricas” [“most of the simulated emission factors for Cachoeira dos Patos, Cachoeira do Caí, and Sinop are higher than those for thermal power plants”] (Faria *et al.*, 2015, p. 8). Esta diferença é ainda maior quando considerando o GWP para 20 anos, que é o relevante para cumprir com o limite de temperatura global “bem abaixo de 2°C acima da média pré-industrial” do Acordo de Paris (ver: Fearnside, 2015a, 2017). Afinal, não temos 100 anos para controlar o efeito estufa. A UHE Sinop foi a recordista entre todas as 18 barragens amazônicas analisadas por Faria *et al.* (2015). E estas estimativas são conservadoras por subestimar parte da emissão abaixo das barragens (ver: Fearnside, 2016b). Como é evidente na Figura 4, o impacto de Sinop pode ser muito maior que combustível fóssil, mesmo quando o GWP de 100 anos favorecido pela indústria hidrelétrica é usado para a comparação.

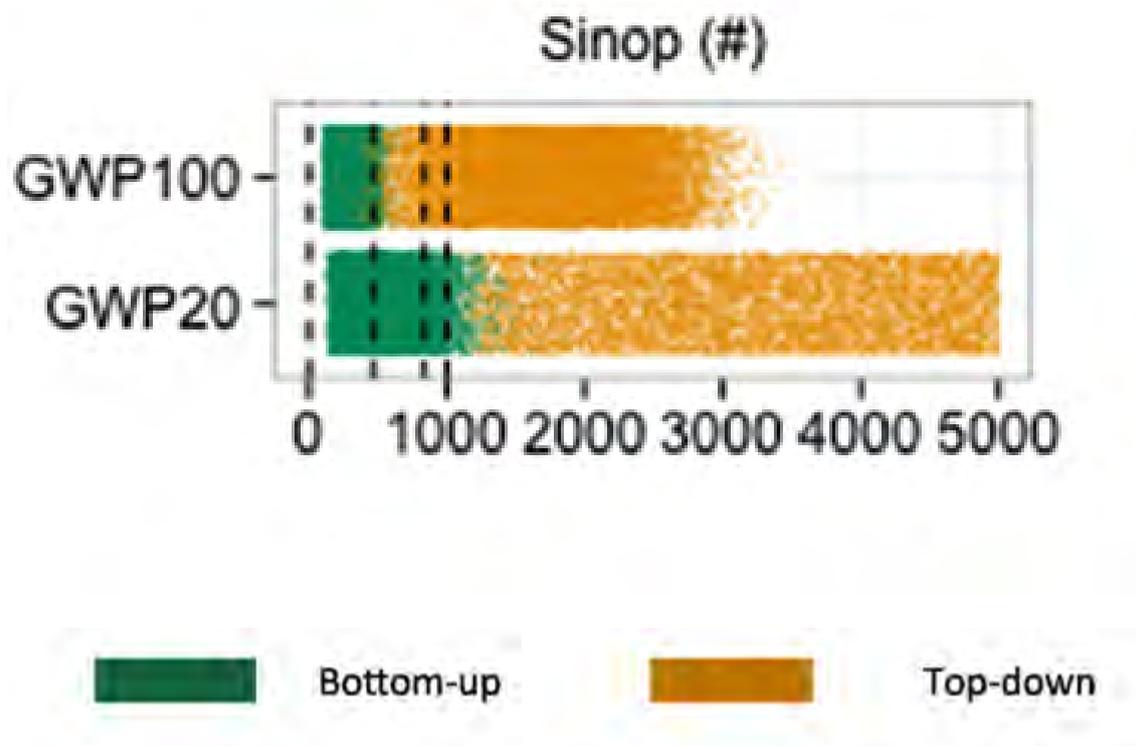


Figura 4. Fatores de emissão (kg CO₂-eq/MWh) gerado por simulações dos tipos “de baixo para cima” (“*Bottom-up*”) e “de cima para baixo” (“*Top-down*”), considerando o potencial de aquecimento global (GWP) de metano para 100 anos (valor = 34) e para 20 anos (valor = 86). Os pontos em cor verde ou laranja indicam o resultado de cada uma das 10.000 simulações executadas. As linhas tracejadas verticais indicam os valores medianos, em termos mundiais, que seriam emitidos para gerar a mesma energia pelas seguintes opções: hidrelétricas (4), gás natural (470), óleo (840) e carvão (1000) segundo Moomaw *et al.* (2012, p. 982; ver: Fearnside, 2015a). Fonte: de Faria *et al.* (2015, p. 10).

Um dos fatores importante na emissão de gases de efeito estufa de hidrelétricas é a magnitude da variação no nível da água no reservatório. Quando o nível da água é rebaixado para aproveitar este volume para gerar energia durante a época de baixa vazão, um lamaçal forma em volta do lago (a zona de deplecionamento). Uma vegetação não lenhosa cresce nesta zona, e, quando a água sobe de novo, estas plantas, que são enraizadas no fundo, decompõem rapidamente em um ambiente sem oxigênio, formando metano. Quando estão crescendo, as plantas retiram carbono da atmosfera em forma de CO₂, mas depois este carbono volta à atmosfera em forma de metano, com impacto muito maior que CO₂ sobre o aquecimento global. Assim, o reservatório se torna uma “fábrica de metano” transformando CO₂ em CH₄, e este processo é sustentado ao longo de toda a vida da barragem (Fearnside, 2008).

Na nossa reunião de 14/11/18 com funcionários de Sinop Energia na sede da empresa em Sinop, obtivemos respostas sobre os planos para manejo do reservatório. A cota da água deve ser mantida entre os níveis máximo normal e mínimo normal de operação, com água sendo tirada para geração de energia. No entanto, ao descer até atingir o nível mínimo normal de operação, a água continuaria a ser retirada do reservatório para manter a requerida vazão sanitária no rio a jusante. Assim, a cota no reservatório

poderia ser rebaixada até um nível bem menor, portanto abrindo uma zona de deplecionamento maior e aumentando a geração de metano.

Deve ser lembrado que, além do rebaixamento até um nível menor para manter a vazão sanitária, em casos de seca extrema um rebaixamento ainda maior do que o planejado pode ser realizado, como aconteceu em Balbina e Samuel durante o El Niño de 1997/98. Neste caso o chão foi exposto em grandes áreas de paliteiro, resultando em incêndios dentro desses dois reservatórios. É relevante lembrar que as mudanças climáticas previstas implicam em uma redução substancial da vazão do rio Teles Pires (Sorribas *et al.*, 2016).

Em nossa reunião com funcionários na sede da empresa em Sinop em 14/11/18, este autor perguntou se a empresa estava planejando ter um projeto para crédito de carbono. Fomos informados de que a possibilidade de preparar um projeto deste tipo no futuro havia sido discutida na empresa, mas que só teria uma decisão a respeito depois que a usina esteja em funcionamento. Isto mostra que a barragem não depende do crédito de carbono para justificar a sua construção em termos financeiros, o que é a questão crítica com relação à “adicionalidade” de crédito de carbono (Fearnside, 2013, 2015b).

4.) Metilização de mercúrio e floresta morta em reservatórios

Um impacto relacionado com a emissão de metano é a metilização de mercúrio. Este processo ocorre em ambientes sem oxigênio, como nos sedimentos no fundo de um reservatório. Quimicamente, o processo de “metilização”, ou seja, o acréscimo de um grupo metil (CH_3), neste caso ligando a um átomo de mercúrio (Hg), é quase idêntico ao processo de “metanogênese”, ou seja, a formação de CH_4 . A forma metil de mercúrio é a forma altamente tóxica, inclusive para humanos. O mercúrio elemental (não venenoso) está presente nos solos da Amazônia, mesmo sem acréscimos devido à atividade garimpeira. Por terem milhões de anos de antiguidade, os solos amazônicos têm acumulado mercúrio recebido na chuva ao longo deste tempo. Cada vez que há uma irrupção vulcânica no mundo, mercúrio é lançado na atmosfera, onde se espalha pelo planeta inteiro e é depositado pela chuva. O passo crítico é fornecer ambientes para metilização. Mesmo em reservatórios sem nenhuma atividade garimpeira, como Balbina, o teor de mercúrio é alto. Após a metilização, o mercúrio passa por plâncton e peixes, concentrando por um fator de aproximadamente dez em cada elo da cadeia alimentar. O teor de mercúrio é alto em peixes predadores, como nos tucunarés que geralmente dominam as capturas em reservatórios amazônicos. Quando estes peixes são consumidos por humanos, o teor sobe ainda mais. Os organismos dos animais, inclusive humanos, não têm meios para remover o mercúrio, que, então, acumula ao longo da vida toda. Residentes nas margens de Tucuruí têm altíssimos níveis de mercúrio no cabelo (Leino & Lodenius, 1995; Fearnside, 1999). Também é o caso em Balbina (Forsberg *et al.*, 2017; Weisser, 2001), e é uma preocupação em Samuel (Fearnside, 2005). Mercúrio causa gravíssimos impactos na saúde humana, embora pode levar décadas de acúmulo para chegar aos níveis críticos. Quando o acumulado chega a este nível, o resultado é trágico e irreversível, como mostrado por tragédias como a de Minamata, no Japão.

5.) Conclusões

Deixar árvores em um reservatório como o da UHE Sinop contribua a diversos impactos ambientais, como a emissão de gases de efeito estufa, especialmente metano, e a transformação de mercúrio na sua forma venenosa (metil-mercúrio). Os benefícios em fornecer abrigo e alimento para peixes, alegados como raciocínios para deixar essas árvores, são exagerados. A legislação é clara em exigir a remoção total da vegetação, e normas adicionais com relação à qualidade mínima da água (em termos de teor de oxigênio) são adicionais à exigência de remover a vegetação, não fornecendo um substituto para esta remoção. Embora haja um histórico de ignorar a legislação em questão, o processo em curso no Brasil para voltar à legalidade na área ambiental é muito importante para o futuro da Nação. Seria um revés triste se o desrespeito à Lei nº 3.824/60 fosse permitido neste caso emblemático.

6.) Referências

- CES (Companhia Energética Sinop). 2016. Solicitação de autorização de supressão de vegetação - ASV da área do reservatório. Sinop-MT, dezembro-2016. 246 p.
- de Faria, F.A.M.; Jaramillo, P.; Sawakuchi, H.O.; Richey, J.E. & Barros, N. 2015 Estimating greenhouse gas emissions from future Amazonian hydroelectric reservoirs *Environmental Research Letters* 10(12): art. 124019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124019>
- EON Consultoria e Planejamento S/C Ltda. 2018. A EON Consultoria e Planejamento S/C Ltda vem através desta responder as demandas da SEMA apresentadas em Parecer Técnico, datado de 25 de abril de 2018. EON, São Paulo, 12 de junho de 2018.
- Fearnside, P.M. 1989. Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia. *Environmental Management* 13(4): 401-423. <https://doi.org/10.1007/BF01867675> Tradução em Português disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Cap-5 Livro Hidrelétricas V.1.pdf
- Fearnside, P.M. 1999. Social impacts of Brazil's Tucuruí Dam. *Environmental Management* 24(4): 483-495. <https://doi.org/10.1007/s002679900248> Tradução em Português disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Cap-2 Livro Hidrelétricas V.1.pdf
- Fearnside, P.M. 2001. Environmental impacts of Brazil's Tucuruí Dam: Unlearned lessons for hydroelectric development in Amazonia. *Environmental Management* 27(3): 377-396. <https://doi.org/10.1007/s002670010156> Tradução em Português disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Cap-3 Livro Hidrelétricas V.1.pdf
- Fearnside, P.M. 2005. Brazil's Samuel Dam: Lessons for hydroelectric development policy and the environment in Amazonia. *Environmental Management*, 35, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00267-004-0100-3> Tradução em Português disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V2/Livro_Hidrelétricas_V-2-cap-18-Samuel.pdf

- 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.
<https://doi.org/10.4257/oeco.2008.1201.11>
- Fearnside, P.M. 2013. Credit for climate mitigation by Amazonian dams: Loopholes and impacts illustrated by Brazil’s Jirau Hydroelectric Project. *Carbon Management* 4(6): 681-696. <https://doi.org/10.4155/CMT.13.57> Tradução em Português disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Cap-10 Livro Hidrelétricas V.1.pdf
- Fearnside, P.M. 2015a. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environmental Science & Policy* 50: 225-239.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.002> Tradução em Português disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V2/Livro_Hidrelétricas_V-2-cap-34-hidro_GEE-IPCC.pdf
- Fearnside, P.M. 2015b. Tropical hydropower in the Clean Development Mechanism: Brazil’s Santo Antônio Dam as an example of the need for change. *Climatic Change* 131(4): 575-589. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1393-3>
 Tradução em Português disponível em:
http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V1/Cap-11 Livro Hidrelétricas V.1.pdf
- Fearnside, P.M. 2016a. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams in tropical forests. p. 428-438 In: J. Lehr & J. Keeley (eds.) *Alternative Energy and Shale Gas Encyclopedia*. John Wiley & Sons Publishers, New York, E.U.A. 912 p.
 Tradução em Português disponível em:
http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Preprints/2018/Fearnside-Emissoes_de_Hidreletricas-MPEG-Preprint.pdf
- Fearnside, P.M. 2016b. Greenhouse gas emissions from Brazil’s Amazonian hydroelectric dams. *Environmental Research Letters* 11(1): art. 011002.
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/1/011002>
- Fearnside, P.M. 2017. Dams with big reservoirs: Brazil’s hydroelectric plans threaten its Paris climate commitments. *The Globalist*, 29 de janeiro de 2017.
<http://www.theglobalist.com/dams-climate-change-global-warming-brazil-paris-agreement/>
- Fearnside, P.M. & S. Pueyo. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2(6): 382–384.
<https://doi.org/10.1038/nclimate1540> Tradução em Português disponível em:
http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2015/Livro-Hidro-V2/Livro_Hidrelétricas_V-2-cap-32-hidro_GEE-emiss_subestimadas.pdf
- Forsberg, B.R., Melack, J.M., Dunne, T., Barthem, R.B., Goulding, M., Paiva, R.C.D., Sorribas, M.V. & Silva, Jr., U.L. 2017. The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLoS ONE*, 12(8), art. e0182254.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182254>

- G1 MT. 2018. Polícia investiga morte de milhares de peixes em barragem de usina em MT. Supostas irregularidades no funcionamento de usina hidrelétrica em Colíder estariam causando mortes de peixes no Rio Teles Pires, segundo a polícia. *G1*, 20 de maio de 2018. <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/policia-investiga-morte-de-milhares-de-peixes-em-barragem-de-usina-em-mt.ghtml>
- Gois, K.S.; Pelicice, F.M.; Gomes, L.C.; Agostinho, A.A. 2015. Invasion of an Amazonian cichlid in the Upper Parana River: facilitation by dams and decline of a phylogenetically related species *Hydrobiologia* 746(1): 401-413. <https://doi.org/10.1007/s10750-014-2061-8>
- Goreth, C. 2014. Mortandade de peixes leva MPE a ingressar com ação contra empresas responsáveis por usina hidrelétrica. Ministério Público do Estado de Mato Grosso, 05 de setembro de 2014. <https://mpmt.mp.br/conteudo/58/64965/mortandade-de-peixes-leva-mpe-a-ingressar-com-acao-contra-empresas-responsaveis-por-usina-hidreletrica>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2018. *Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* Eds. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield. IPCC, Geneva, Suíça. <https://www.ipcc.ch/report/sr15/>
- 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. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04908-J](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04908-J)
- Marinho, L. 2011a. Usina acaba com pesca no Tocantins. *O Eco*, 25 de abril de 2011. <https://www.oeco.org.br/reportagens/24977-usina-acaba-com-pesca-no-tocantins/>
- Marinho, L. 2011b. Peixes morrem na UHE de Estreito. *O Eco*, 01 de Abril de 2011. <https://www.oeco.com.br/salada-verde/24931-peixes-morrem-na-uhe-de-estreiro>
- Moomaw, W., Burgherr, P., Heath, G., Lenzen, M., Nyboer, J., Verbruggen, A. 2012. Annex II: Methodology. p. 973-1000. In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlomer, S., von Stechow, C. (Eds.), *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_full_report.pdf
- Notícia Exata*. 2018. SEMA identifica responsabilidade sobre morte de peixes no rio Teles Pires. *Notícia Exata*, 01 de fevereiro de 2018. <http://www.noticiaexata.com.br/geral/id->

710448/sema_identifica_responsabilidade_sobre_morte_de_peixes_no_rio_teles_pires

- Sass, G.G.; Kitchell, J.F.; Carpenter, S.R.; Hrabik, T.R.; Malburg, A.E.; Turner, M.G. 2006. Fish community and food web responses to a whole-lake removal of coarse woody habitat. *Fisheries* 31(7): 321-333. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(2006\)31\[321:FCAFWR\]2.0.CO](https://doi.org/10.1577/1548-8446(2006)31[321:FCAFWR]2.0.CO);
- Sorribas, M.V., Paiva, R.C.D., Melack, J.M., Bravo, J.M., Jones, C., Carvalho, L., Beighley, E., Forsberg, B. & Costa, M.H. 2016. Projections of climate change effects on discharge and inundation in the Amazon basin. *Climatic Change*, 136(3), 555-570. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1640-2>
- Steffen, W., Rockström, J., Richardson, K., Lenton, T.M., Folke, C., Liverman, D., Summerhayes, C.P., Barnosky, A.D., Cornell, S.E., Crucifix, M., Donges, J.F., Fetzer, I., Lade, S.J., Scheffer, M., Winkelmann, R. & Schellnhuber, H.J. 2018. Trajectories of the earth system in the anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 115(33): 8252-8259. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810141115>
- 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.

Belém, 06 de dezembro de 2018



Philip M. Fearnside