

The text that follows is a REPRINT
O texto que segue é um REPRINT.

Please cite as:
Favor citar como:

Fearnside, P.M. 2019. Emissões de gases de efeito estufa das represas hidrelétricas da Amazônia brasileira. pp. 87-90. In: P.M. Fearnside (ed.) *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. Vol. 3. Editora do INPA, Manaus. 148 p.

[Tradução de: Fearnside, P.M. 2016. 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>]

ISBN: 978-85-211-0XXX-X (impreso), ISBN: 978-85-211-0XXX-X (*on-line*)

Copyright: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA

The original publication is available from:
A publicação original está disponível de:

<http://livrariadoinpa.nuvemshop.com.br/> ou envie e-mail para: editora.vendas@gmail.com; editora@inpa.gov.br. Telefones: (92) 3643-3223, 3643-3438.

Download grátis em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2019/Hidro-v3/Livro_Hidrelétricas_Vol_3.pdf

Capítulo 6

Emissões de gases de efeito estufa das represas hidrelétricas da Amazônia brasileira

Philip M. Fearnside

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).
Av. André Araújo, 2936 - CEP: 69.067-375, Manaus, Amazonas, Brasil.
E-mail: pmfearn@inpa.gov.br

Tradução de:

Fearnside, P.M. 2016. 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>

RESUMO

As barragens tropicais são frequentemente retratadas falsamente como fontes “limpas” de energia, livres de emissões. O artigo de Faria *et al.* (2015) acrescenta evidências que questionam esse mito. Cálculos foram feitos para 18 barragens que estão planejadas ou em construção na Amazônia brasileira e mostram que as emissões de barragens hidrelétricas de armazenamento excedem as da geração de eletricidade baseada em combustíveis fósseis. Os combustíveis fósseis não precisam ser a alternativa, porque o Brasil tem um vasto potencial para energia eólica e solar, bem como oportunidades para conservação de energia. Como a construção de barragens está mudando rapidamente para áreas tropicais úmidas, onde as emissões são mais altas do que em outras zonas climáticas, o impacto dessas emissões precisa ter um peso adequado nas decisões de política energética.

Palavras-chave: energia hidrelétrica, aquecimento global, metano, floresta tropical, represas tropicais, reservatórios, mudanças climáticas

As hidrelétricas tropicais têm emissões significativas de gases de efeito estufa. Embora isso já seja conhecido há mais de duas décadas, ainda não teve nenhum efeito perceptível nas decisões de construção de barragens. No Brasil, a incorporação da discussão de gases de efeito estufa nas avaliações de impacto ambiental dos projetos de barragens não mudou isso (*e.g.*, Fearnside, 2011). A percepção pública da energia hidrelétrica continua sendo a de que esta é “energia limpa”.

O artigo publicado por de Faria *et al.* (2015) fornece cálculos de emissões para 18 represas propostas ou em construção na Amazônia brasileira e faz um avanço significativo em direção a procedimentos generalizados que podem ser aplicados a outras barragens tropicais. O estudo confirma as altas emissões de energia hidrelétrica tropical, mostrando que elas podem frequentemente exceder o impacto do aquecimento global da geração a partir de combustíveis fósseis.

As barragens tropicais emitem substancialmente mais do que as barragens nas zonas temperada e boreal (*e.g.*, Barros *et al.*, 2011). O estudo por de Faria *et al.* (2015) restringe seus dados e conclusões às barragens tropicais, evitando assim a prática comum de misturar resultados de diferentes biomas. Como a maioria das barragens e medições

existentes estão em locais fora dos trópicos úmidos, as informações dessas regiões tendem a fazer com que as represas pareçam melhores do que realmente são nas áreas tropicais, como a Amazônia, onde os principais planos de construção de barragens estão concentrados hoje.

As barragens emitem dióxido de carbono (CO_2), mas apenas parte dessa emissão é uma contribuição líquida para o aquecimento global porque parte do CO_2 emitido é removido da atmosfera através da fotossíntese pelas plantas no reservatório e na sua zona de deplecionamento e está meramente sendo devolvido à atmosfera da mesma forma. No entanto, parte do CO_2 vem de fontes não renováveis, como as árvores inundadas quando o reservatório é inicialmente inundado e o carbono do solo - essa parcela representa uma contribuição para o aquecimento global.

As barragens tropicais também emitem metano (CH_4), que tem muito mais impacto sobre o aquecimento global por tonelada de gás emitido do que o CO_2 . Cada tonelada de metano tem um efeito muito grande sobre o aquecimento global em relação ao CO_2 enquanto permanece na atmosfera: 120 vezes mais por cada tonelada de gás presente na atmosfera, fora do efeito das retroalimentações (Myhre *et al.*, 2013, p. 712, Fig. 8.29). No entanto, cada tonelada de CH_4 permanece na atmosfera por apenas 12,4 anos em média (Myhre *et al.*, 2013, p. 714), ou cerca de dez vezes menos que uma tonelada média de CO_2 . Isso faz com que o horizonte de tempo (e qualquer valoração dada ao tempo através de descontos ou outros meios) seja crítico na comparação de barragens com combustíveis fósseis (*e.g.*, Fearnside, 2012a). Como os combustíveis fósseis emitem praticamente todo o seu carbono na forma de CO_2 , quanto menor o horizonte temporal, maior o impacto relativo atribuído às barragens. O fato das barragens terem um grande pico de emissões nos anos iniciais após o enchimento de um reservatório, em contraste com a emissão constante de CO_2 a cada ano à medida que os combustíveis fósseis são queimados em uma usina termelétrica, também torna o tempo crítico na comparação dessas fontes de energia Fearnside, 1997). A Associação Internacional de Hidrelétricas (International Hydropower Association-IHA), um grupo da indústria, há muito tempo pressiona para que todos os cálculos sejam feitos em uma base de 100 anos (*e.g.*, Goldenfum, 2012).

O Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) calcula um impacto de CH_4 34 vezes maior que o CO_2 por tonelada de gás, considerando um horizonte temporal de 100 anos, e 86 vezes, considerando um horizonte temporal de 20 anos (Myhre *et al.*, 2013, p. 714). É o horizonte de 20 anos que é relevante para os esforços globais para evitar que a temperatura global média ultrapasse o limite de 2°C acima da média pré-industrial, acordado em Copenhague em 2009 como a definição de interferência “perigosa” no sistema climático, ou o compromisso endossado no acordo de Paris de 2015 para limitar o aquecimento a um nível “bem abaixo” dos 2°C e “trabalhar para” que seja limitada a $1,5^\circ\text{C}$ (Fearnside, 2015a). As principais conclusões apresentadas por de Faria *et al.* (2015) são baseadas no horizonte temporal de 100 anos, mas, como os autores apontam, o impacto das barragens em relação aos combustíveis fósseis é muito maior se for considerado um horizonte de 20 anos. Valores calculados para um horizonte de 20 anos mostram isso claramente (de Faria *et al.*, 2015: Tabela S-23 e Fig. S-14).

As barragens tropicais produzem metano porque a coluna de água nos reservatórios é, frequentemente, estratificada pela temperatura, com uma termoclina separando a água fria no fundo (o hipolímnio) da água da superfície mais quente (o epilímnio). O oxigênio na água do fundo é rapidamente exaurido, e a decomposição da matéria orgânica termina com a formação de CH_4 ao invés de CO_2 . No caso de barragens a fio d'água, onde o volume do reservatório é pequeno e a vazão do rio é grande, a água se move através do canal principal do reservatório em velocidade suficiente para evitar a estratificação. No entanto, baías e afluentes inundados podem estratificar, produzindo metano (Fearnside, 2015b). O trabalho por de Faria *et al.* (2015) confirma as emissões mais baixas em barragens a fio d'água do que em barragens de armazenamento. Enquanto a maioria das barragens no estudo é do tipo “a fio d'água”, tanto a Presidência da Brasil quanto as principais autoridades elétricas do país têm defendido publicamente uma mudança de prioridade para as barragens de armazenamento na Amazônia (Borges, 2013, 2016).

O estudo por de Faria *et al.* (2015) mostra que mesmo as emissões mínimas estimadas são substanciais. Eles também mostram que as emissões reais totais são muito mais altas do que esses valores mínimos, mas ainda faltam dados para a quantificação confiável de componentes omitidos dos cálculos mínimos. Os autores produzem um cálculo “de baixo

para cima” (“*bottom-up*”) e um “de cima para baixo” (“*top-down*”) para cada barragem. O cálculo “de baixo para cima” é baseado em quantidades de carbono calculadas como inicialmente presentes no reservatório e subsequentemente oxidadas através de diferentes caminhos, enquanto o cálculo “de cima para baixo” é baseado em dados de barragens existentes: medições diretas de fluxo das superfícies dos reservatórios e, para emissões a jusante, emissões calculadas a partir da diferença na concentração de metano na água acima e abaixo das barragens. O uso da diferença de concentrações para inferir a desgaseificação, a partir da água emergindo das turbinas, é uma distinção importante de uma série de estudos no Brasil financiados por empresas hidrelétricas, que usaram câmaras flutuantes a certa distância das barragens para estimar a desgaseificação (*e.g.*, Ometto *et al.*, 2011), uma técnica que perde a maioria dessas emissões (Fearnside & Pueyo, 2012). O cálculo “de cima para baixo” para 100 anos produz um resultado médio 2,7 vezes maior do que o cálculo “de baixo para cima” no caso de reservatórios de tempo de residência “baixo”, como no caso de barragens a fio d'água, e 6,1 vezes maior no caso de reservatórios de tempo de residência “alto”, como no caso de barragens tradicionais de armazenamento (com base em de Faria *et al.*, 2015: Tabela S-22). Essas grandes diferenças mostram a magnitude dos fatores que os autores consideraram muito pouco quantificados para incorporar em seu cálculo “de baixo para cima” baseado em processos.

O cálculo “de baixo para cima” considera zero de entrada de carbono das fontes que são mal quantificadas, esses fatores representando 84% da emissão no caso de reservatórios com tempo de residência “alto”. Como os autores apontam a grande discrepância entre os resultados dos cálculos “de baixo para cima” e “de cima para baixo” significa que mais pesquisas são necessárias tanto na coleta de dados quanto na modelagem. Evidentemente, omitir componentes incertos que se acredita serem importantes no sistema do mundo real torna os resultados modelados menos realistas, ao invés de torná-los mais confiáveis (*e.g.*, Watt, 1966). Nesse caso, as fontes de carbono omitidas do cálculo de baixo para cima incluem o metano de fontes renováveis de matéria orgânica carregada pelo escoamento superficial para os cursos d'água na área de captação e a inundação anual de vegetação herbácea que cresce na zona de deplecionamento do reservatório (*e.g.*, Fearnside, 2009). Os autores reconhecem o efeito de omissões na subestimação dos cálculos de baixo

para cima e, portanto, os resultados representam um nível mínimo de impacto das barragens tropicais. Sua descoberta de emissões significativas, mesmo nesses níveis mínimos, deve servir como um alerta para os tomadores de decisão. O Brasil não é forçado a escolher entre energia hidrelétrica e combustível fóssil porque o país tem um vasto potencial inexplorado de geração solar e eólica, além de oportunidades de conservação de energia (Moreira, 2012).

A percepção de barragens como limpas ainda é ativamente promovida pela indústria hidrelétrica e pelas autoridades governamentais de energia em países como o Brasil (e.g., Fearnside, 2012b). O artigo por de Faria *et al.* (2015) deve ajudar a mudar essa percepção.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa do autor é apoiada exclusivamente por fontes acadêmicas: CNPq: Proc. 305880 / 2007-1; 304020 / 2010-9; 573810 / 2008-7; 575853 / 2008-5, Fundação de Amparo. Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM: Proc. 708565) e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA: PRJ15.125). Este texto foi traduzido e atualizado de Fearnside (2016).

REFERÊNCIAS

- Barros, N., Cole, J.J., Tranvik, L.J., Prairie, Y.T., Bastviken, D., Huszar, V.L.M., del Giorgio, P. & Roland, F. 2011. Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience* 4: 593-596. <https://doi.org/10.1038/ngeo1211>
- Borges, A. 2013. Dilma defende usinas hidrelétricas com grandes reservatórios. *Valor Econômico*, 06 de junho de 2013. http://www.valor.com.br/impresir/noticia_impresso/315168
- Borges, A. 2016. Diretor-geral da ANEEL defende retorno de hidrelétricas com grandes reservatórios. *O Estado de São Paulo*, 30 de setembro de 2016. <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,diretor-geral-da-aneel-defende-retorno-de-hidreletricas-com-grandes-reservatorios,10000078947>
- 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>
- 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. <https://doi.org/10.1017/S0376892997000118>
- 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. <https://doi.org/10.5801/S21797536>
- Fearnside, P.M. 2011. Gases de efeito estufa no EIA-RIMA da hidrelétrica de Belo Monte. *Novos Cadernos NAEA* 14(1): 5-19. <https://doi.org/10.5801/S21797536>
- Fearnside, P.M. 2012a. The theoretical battlefield: Accounting for the climate benefits of maintaining Brazil's Amazon forest. *Carbon Management* 3: 145-148. <https://doi.org/10.4155/CMT.12.9>
- Fearnside, P.M. 2012b. Desafios para mediação da ciência na Amazônia: O exemplo da hidrelétrica de Belo Monte como fonte de gases de efeito estufa. p. 107-123. In: *A Mediação da Ciência: Cenários, Desafios, Possibilidades*. A Fausto Neto (Ed.). Editora da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB. 288 p.
- Fearnside, P.M. 2015a. Emissions from tropical hydropower and the IPCC. *Environmental Science and Policy* 50: 225-239. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.002>
- 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: 575-589. <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1393-3>
- Fearnside, P.M. 2016. 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. & Pueyo, S. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2: 382-384. <https://doi.org/10.1038/nclimate1540>
- Goldenfum, J.A. 2012. Challenges and solutions for assessing the impact of freshwater reservoirs on natural GHG emissions. *Ecology and Hydrobiology* 12: 115-122. <https://doi.org/10.2478/v10104-012-0011-5>
- Moreira, P.F. (Ed.). 2012. *Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios*. 2a ed. Rios Internacionais, Brasília, DF. 100 p. <http://www.internationalrivers.org/node/7525>
- Myhre, G. & 37 outros. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. p. 661-740. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P.M. (Eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Ometto, J.P., Pacheco, F.S., Cimleris, A.C P., Stech, J.L., Lorenzetti, J.A., Assireu, A., Santos, M.A., Matvienko, B., Rosa, L.P., Galli, C.S., Abe, D.S., Tundisi, J.G., Barros, N.O., Mendonça, R.F. & Roland, F. 2011. Carbon dynamic and emissions in Brazilian hydropower reservoirs. p. 155-188. In: de Alcantara, E.H. (Ed.). *Energy Resources: Development, Distribution, and Exploitation*, Nova Science Publishers, Hauppauge, NY, E.U.A. 241 p.
- Watt, K.E.F. 1966. The nature of systems analysis. p. 1-14. In: *Systems Analysis in Ecology*. Watt, K.E.F. (Ed.). Academic Press, New York, NY, E.U.A.