

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

Please cite as:

Favor citar como:

**Fearnside, P.M. & S. Pueyo. 2015.  
Barragens Tropicais e Gases de  
Efeito Estufa. Partes 1-3.  
*Amazônia Real* 19 de janeiro – 02  
de fevereiro de 2015.  
<http://amazoniareal.com.br/>**

<http://amazoniareal.com.br/barragens-tropicais-e-gases-de-efeito-estufa-1-emissoes-subestimadas/>

<http://amazoniareal.com.br/barragens-tropicais-e-gases-de-efeito-estufa-2-estimativas-de-metano/>

<http://amazoniareal.com.br/barragens-tropicais-e-gases-de-efeito-estufa-3-erros-da-eletronbras/>

The original publication is available at:

O trabalho original está disponível em:

<http://amazoniareal.com.br/>

<http://amazoniareal.com.br/barragens-tropicais-e-gases-de-efeito-estufa-1-emissoes-subestimadas/>



PHILIP FEARNSIDE

## Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 1: Emissões Subestimadas

- [Amazônia Real](#)
- 19/01/2015 16:24

### PHILIP M. FEARNSIDE & SALVADOR PUEYO

Hidrelétricas tropicais, como as da Amazônia, emitem quantidades significativas de gases de efeito estufa, especialmente o metano [1-4]. Essas emissões foram subestimadas ou ignoradas em muitas computações de gases-estufa em nível global e nacional. Se qualquer justificativa é dada para omitir todo ou parte dessas emissões, geralmente é que elas são “controversas”, “incertas” ou “sem consenso” (por exemplo, [5], p. 84).

No entanto, enquanto a incerteza sobre as quantidades emitidas é substancial [6], precisam ser incluídos em toda a contabilidade com base nos melhores dados e métodos de cálculo disponíveis. Grande parte da variação nas emissões atribuídas a barragens tropicais resulta de omissões e erros na contabilidade, ao invés de ser variação nas medidas físicas (que também estão sujeitas a problemas metodológicos).

O fato de que as emissões substanciais estão envolvidas dificilmente pode ser considerado “incerto”, tendo sido medido diretamente em reservatórios como Balbina (no Amazonas (Brasil)) [4], e Petit Saut, (na Guiana Francesa) [3]. Emissões de barragens são de dois tipos: de superfície do reservatório ou emissões “a montante” e emissões da água que passa pelas turbinas e vertedouros (“desgaseificação” ou emissões “a jusante”).

Quando as emissões de barragens não são omitidas completamente, frequentemente são quantificadas considerando apenas as emissões da superfície do reservatório, como é o caso em estimativas da ELETROBRÁS [7]. O relatório especial do IPCC sobre energias renováveis apresenta avaliações do ciclo de vida para várias tecnologias, e para o caso típico (ou seja, o percentil de 50%), as hidrelétricas são indicadas como tendo a metade ou menos do impacto em relação a qualquer outra fonte, incluindo energia do sol, do vento e das marés ([5], p. 982). A base de dados utilizada para esta classificação otimista não é clara a partir do relatório.

O carbono que é emitido na forma de CO<sub>2</sub> pode vir de dois tipos de fontes:

1) fontes fixas que produzem uma emissão de uma só vez, tais como as árvores mortas por alagamento do reservatório e os estoques de carbono no solo (Fig. 1);

2) de fontes renováveis, tais como o carbono que é retirado da atmosfera através da fotossíntese por macrófitas (plantas aquáticas), o fitoplâncton ou algas no reservatório, árvores na bacia que produzem serapilheira que é arrastada para o reservatório pela água da chuva, ou vegetação no zona de deplecionamento (a área que é exposta temporariamente cada vez que o nível de água é rebaixado no reservatório).

O  $\text{CO}_2$  oriundo de fontes fixas deve ser contado como uma contribuição ao aquecimento global, especialmente decomposição de árvores mortas que ficam projetadas para fora da água em reservatórios amazônicos (mas têm sido frequentemente omitidas). Em contraste, o  $\text{CO}_2$  a partir das fontes renováveis não é uma emissão líquida, sendo que esta quantidade de  $\text{CO}_2$  é exatamente a mesma que foi removida da atmosfera quando a biomassa foi formada (o que não foi incluído na contabilização). Por outro lado, toda a emissão de metano faz uma contribuição líquida para o aquecimento global.

A função do reservatório na transformação de  $\text{CO}_2$  em metano de forma renovável dá às hidrelétricas a função de uma “fábrica de metano”, removendo continuamente o carbono da atmosfera, na forma de  $\text{CO}_2$ , e retornando-o na forma de  $\text{CH}_4$ , com um impacto muito maior sobre o aquecimento global [8].

O metano é formado quando a matéria orgânica se decompõe em condição anoxia (ausência de oxigênio), tal como nos sedimentos do fundo de um reservatório. A vegetação mole que cresce quando a zona de rebaixamento é exposta irá decompor sobre condições anóxicas no fundo do reservatório, liberando metano [9].



Fig. 1 – As árvores mortas no reservatório de Samuel, em Rondônia. A decomposição das árvores acima da água libera  $\text{CO}_2$  e representa uma fonte fixa (não renovável) de carbono.

## NOTAS

- [1] 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.
- [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.
- [3] 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
- [4] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO<sub>2</sub> emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465
- [5] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2012. *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. O. Edenhofer, R.P. Madruga, Y. Sokona, Kristin Seyboth, P. Eickemeier, P. Matschoss, G. Hansen, S. Kadner, S. Schlomer, T. Zwickel & C. von Stechow (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido. 1076 p. [[http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren\\_full\\_report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_full_report.pdf)]
- [6] Demarty, M. & Bastien, J. (2011) GHG emissions from hydroelectric reservoirs in tropical and equatorial regions: Review of 20 years of CH<sub>4</sub> emission measurements. *Energy Policy* 39: 4197-4206.
- [7] 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.eletronbras.com/elb/services/eletronbras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID=%7BCAFECBF7-6137-43BC-AAA2-35181AAC0C64%7D&ServiceInstUID=%7B3CF510BA-805E-4235-B078-E9983E86E5E9%7D>.
- [8] 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.
- [9] Este texto é uma tradução parcial atualizada de: Fearnside, P.M. & S. Pueyo. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2(6): 382–384. doi:10.1038/nclimate1540 [disponível em: <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/full/nclimate1540.html>]. PMF é do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Av. André Araújo, 2936, Manaus, Amazonas, CEP 69067-0375. SP é do Dept. d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 645, 08028, Barcelona, Catalunha, Espanha.
- As pesquisas dos autores são financiadas exclusivamente por fontes acadêmicas: Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (proc. 304020/2010-9; 573810/2008-7, 575853/2008-5), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (proc. 708565) e pelo INPA (PRJ13.03). SP agradece ao “Centre de Recerca Matemàtica” (CRM) pela hospitalidade durante este trabalho. Agradecemos ao P.M.L.A. Graça pelos comentários.

**Leia também:**

[A Hidrelétrica de Teles Pires – 1: Desmatamento e Limpeza](#)

[A Hidrelétrica de Teles Pires – 2: Rebrotas da biomassa](#)

[A Hidrelétrica de Teles Pires – 3: Morte de peixes](#)

**Philip M. Fearnside** é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus, do CNPq e membro da Academia Brasileira de Ciências. Também coordena o INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia) dos Serviços Ambientais da Amazônia. Em 2007, foi um dos cientistas ganhadores do Prêmio Nobel da Paz pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC).

**Salvador Pueyo** é do Departamento de Ecologia da Universidade de Barcelona, Catalunha, Espanha. É especialista na área de matemática usada pelo Eletrobrás para ajustar cálculos de emissão de metano: a “criticalidade auto-organizadora” (SOC). Fez pós-doutorado orientado por Philip Fearnside, no Inpa, aplicando esta área à questão de incêndios na Amazônia, e depois trabalhou no Instituto de Mudanças Climáticas de Catalunha (IC3), onde analisou os cálculos de Eletrobrás. Hoje colabora com o Centro de Pesquisa Matemática (CRM) na aplicação de matemática aos problemas ecológicos.

## **Matérias relacionadas**

- [Belo Monte como ponta de lança 1: Os impactos da primeira barragem](#)
- [A Hidrelétrica de Teles Pires – 2: Rebrotas da biomassa](#)
- [A Hidrelétrica de Teles Pires – 1: Desmatamento e Limpeza](#)
- [Entre a cheia e o vazio: Documentário mostra influência de hidrelétricas na inundação de Porto Velho](#)
- [Barragens na Amazônia 21: A tomada de decisões sobre hidrelétricas](#)

<http://amazoniareal.com.br/barragens-tropicais-e-gases-de-efeito-estufa-2-estimativas-de-metano/>



PHILIP FEARNSIDE



## Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 2: Estimativas de Metano

- Amazônia Real
- 26/01/2015 18:45

### PHILIP M. FEARNSIDE & SALVADOR PUEYO

A água num reservatório tropical estratifica termicamente, com uma camada de água morna (o epilímnio), nos 2-10 m superiores onde a água está em contato com o ar e que contém oxigênio, e uma camada mais fria (o hipolímnio), na parte inferior, onde qualquer oxigênio se esgota rapidamente e praticamente toda a decomposição produz o metano em vez de CO<sub>2</sub>. A água que passa pelas turbinas e vertedouros sai a partir da camada inferior (Fig. 1). Emissões a jusante ocorrem quando a água é liberada sobre pressão abaixo da barragem. Assim como bolhas emergem quando é aberta uma garrafa de refrigerante, a liberação de pressão reduz a solubilidade dos gases, fazendo com que as bolhas se formam (lei de Henry) [1]. Mais lentamente, o aquecimento da água do rio abaixo da barragem provoca mais liberação. Emissões a jusante foram omitidas em uma série de compilações globais de estimativas de impactos de barragens, tais como as lideradas por St. Louis *et al.* [2] Batsviken *et al.* [3] e Barros *et al.* [4].

A proporção da emissão de metano a montante e a jusante depende da área do reservatório e a magnitude do fluxo do rio: emissão a montante é proporcional à área do reservatório, mas a emissão a jusante é proporcional à vazão do rio. Em Balbina, onde a área do reservatório é extraordinariamente grande (cerca de 3.000 km<sup>2</sup>) e a vazão média muito pequena (657 m<sup>3</sup>/s), cerca da metade (53%) da emissão de metano é a jusante<sup>13</sup>. Em Tucuruí, com aproximadamente a mesma área como reservatório, mas com 17 vezes mais vazão que em Balbina, as emissões a jusante representam 88-93% do CH<sub>4</sub> ([5], p. 85).

Fig. 1 – Água rica em metano é extraída a partir de baixo da termoclina que divide a coluna de água em uma camada superficial (o epilímnio) e uma camada inferior anóxica (o hipolímnio). A termoclina impede que a água fria no fundo do reservatório alcançasse a superfície. Um desenho da barragem de Tucuruí (à direita) mostra as profundidades dos vertedouros e das turbinas no momento da medição de 1989 das concentrações de metano por José Tundisi (à esquerda; dados em [6]). O nível da água foi levantado por 2 m adicionais desde 2002. A liberação da pressão e o contato com o ar com uma concentração muito menor de metano, quando a água emerge, permita que esse gás “desgaseifique” para a atmosfera.

Quando as emissões a jusante são incluídas nas estimativas, frequentemente têm sido subestimadas por métodos que deixam passar uma porção maior da emissão sem ser medida. Grande parte do metano é liberado imediatamente, assim que a água emerge das turbinas, e até mesmo dentro das turbinas, fazendo com que estimativas baseadas em medições de fluxo por amostradores que flutuam na superfície da água

do rio a alguma distância a jusante (por exemplo, [7]), inevitavelmente, perdem muito desta emissão. O único meio prático de evitar esta distorção é calcular a emissão imediata da “degaseificação” a partir da diferença na concentração de  $\text{CH}_4$  na água no reservatório na profundidade da entrada da turbina e na água abaixo da barragem (por exemplo, [8]).

Um fator metodológico que afeta todas as estimativas baseadas em concentração até agora essencialmente duplica a emissão de metano de água que passa através dos vertedouros e turbinas em barragens típicas da Amazônia. O efeito é dependente da profundidade: a concentração de  $\text{CH}_4$  na água ao nível da turbina (normalmente perto do fundo do reservatório) é crítica, e esta concentração tem sido, tradicionalmente, medida na água, que é levada para a superfície em uma garrafa Ruttner, a partir do qual uma amostra é retirada com uma seringa e analisada quimicamente.

Qualquer metano que saia da solução enquanto a garrafa está sendo emergida é perdido. Um dispositivo de amostragem apelidado de “garrafa Kemenes” captura e mede esse metano, gerando valores de concentração de  $\text{CH}_4$  a uma profundidade de turbina típica de 30 m que são aproximadamente o dobro daqueles de medições feitas usando garrafas Ruttner. No caso de Balbina, isso resulta em uma emissão média de degaseificação nas turbinas calculada a partir diferença de concentração (usando garrafas Kemenes) que é 116% maior do que a média com base em amostragem simultânea com garrafas Ruttner [9].

A importância das emissões liberadas imediatamente na saída da turbina é ilustrada pelos resultados em Balbina<sup>2</sup>. Neste caso, a tomada de água das turbinas na barragem inclui uma estrutura em forma de funil, que capta a água na profundidade de 14 a 30 m. Considerando-se as concentrações de  $\text{CH}_4$  integradas ao longo de todo o perfil do hipolimnion, a quantidade liberada a jusante (por ebulição imediata nas turbinas, acrescida por difusão no rio a jusante) seria 2,2 vezes maior do que a emissão pela difusão jusante sozinha se a liberação imediata baseia-se em amostras de garrafa Ruttner, ou 3,4 vezes mais, se for com base em amostras de garrafa Kemenes.

Se o cálculo baseia-se na localização da soleira da entrada da turbina a 30 m de profundidade, os multiplicadores correspondentes seriam 7,8 e 15,6, respectivamente. Em outras palavras, as estimativas de emissões a jusante com base apenas em fluxos capturados por câmaras de superfície no rio a jusante da barragem incluem menos da metade, e, possivelmente, tão pouco quanto uns dezesseis avos da emissão real a jusante [10].

## NOTAS

[1] 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.

[2] 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.

[3] Bastviken, D., L.J. Tranvik, J.A. Downing, P.M. Crill & A. Enrich-Prast. 2011. Freshwater methane emissions offset the continental carbon sink. *Science* 331: 50.

- [4] Barros, N., J.J. Cole, L.J. Tranvik, Y.T. Prairie, D. Bastviken, V.L.M. Huszar, P. del Giorgio & F. Roland. 2011. Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience* 4: 593-596. doi: 10.1038/NGEO1211
- [5] 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.
- [6] Rosa, L.P., M.A. dos Santos, J.G. Tundisi & B.M. Sikar. 1997. Measurements of greenhouse gas emissions in Samuel, Tucuruí and Balbina Dams. p. 41-55. In: L.P. Rosa & M.A. dos Santos (eds.) *Hydropower Plants and Greenhouse Gas Emissions*. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ. 111 p.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Kemenes, A., B.R. Forsberg & J.M. Melack. 2011. CO<sub>2</sub> emissions from a tropical hydroelectric reservoir (Balbina, Brazil). *Journal of Geophysical Research* 116, G03004, doi: 10.1029/2010JG001465
- [10] Este texto é uma tradução parcial atualizada de: Fearnside, P.M. & S. Pueyo. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2(6): 382–384. doi:10.1038/nclimate1540 [disponível em: <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/full/nclimate1540.html>]. PMF é do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Av. André Araújo, 2936, Manaus, Amazonas, CEP 69067-0375. SP é do Dept. d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 645, 08028, Barcelona, Catalunya, Espanha. As pesquisas dos autores são financiadas exclusivamente por fontes acadêmicas: Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (proc. 304020/2010-9; 573810/2008-7, 575853/2008-5), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (proc. 708565) e pelo INPA (PRJ13.03). SP agradece ao “Centre de Recerca Matemàtica” (CRM) pela hospitalidade durante este trabalho. Agradecemos ao P.M.L.A. Gratos pelos comentários.

#### Leia também:

- [Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 1: Emissões Subestimadas](#)

**Philip M. Fearnside** é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus, do CNPq e membro da Academia Brasileira de Ciências. Também coordena o INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia) dos Serviços Ambientais da Amazônia. Em 2007, foi um dos cientistas ganhadores do Prêmio Nobel da Paz pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC).

**Salvador Pueyo** é do Departamento de Ecologia da Universidade de Barcelona, Catalunya, Espanha. É especialista na área de matemática usada pelo Eletrobrás para ajustar cálculos de emissão de metano: a



“criticalidade auto-organizadora” (SOC). Fez pós-doutorado orientado por Philip Fearnside, no Inpa, aplicando esta área à questão de incêndios na Amazônia, e depois trabalhou no Instituto de Mudanças Climáticas de Catalunha (IC3), onde analisou os cálculos de Eletrobrás. Hoje colabora com o Centro de Pesquisa Matemática (CRM) na aplicação de matemática aos problemas ecológicos.

## **Matérias relacionadas**

- [Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 1: Emissões Subestimadas](#)
- [Belo Monte como ponta de lança 1: Os impactos da primeira barragem](#)
- [A Hidrelétrica de Teles Pires – 2: Rebrotas da biomassa](#)
- [A Hidrelétrica de Teles Pires – 1: Desmatamento e Limpeza](#)
- [Entre a cheia e o vazão: Documentário mostra influência de hidrelétricas na inundação de Porto Velho](#)

<http://amazoniareal.com.br/barragens-tropicais-e-gases-de-efeito-estufa-3-erros-da-elektrobras/>



PHILIP FEARNSTIDE



## Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa: 3: Erros da Eletrobras

- [Amazônia Real](#)
- 02/02/2015 17:30

### PHILIP M. FEARNSTIDE & SALVADOR PUEYO

Vários erros matemáticos resultaram pelas autoridades elétricas do Brasil para estimar a magnitude das emissões de superfície dos reservatórios em um nível de apenas um quarto do que deveria ser (ver explicação detalhada em [1]). A Eletrobras calculou as emissões de superfície de CH<sub>4</sub> por ebulição para cada uma das 217 grandes barragens existentes no Brasil em 2000, através da aplicação de uma correção de lei de potência para uma média dos valores medidos (em g/m<sup>2</sup>/d) baseado em medidas em sete reservatórios [2].

A lei de potência é usada para capturar o efeito de eventos raros, mas de grande impacto. Por exemplo, no caso de sismos ocorrem muitos pequenos tremores e apenas um pequeno número de grandes terremotos. Usando informações sobre a frequência de terremotos medidos em diferentes magnitudes, pode-se calcular a frequência de terremotos muito maiores que são, inevitavelmente, sub-representados nos dados disponíveis.

O mesmo se aplica para as emissões de metano a partir de uma superfície de reservatório, onde a maioria das medições só irá encontrar uma emissão modesta, mas ocorre um pequeno número de eventos de emissão muito grandes. Em outras palavras, corrigindo para estes eventos raros com a lei de potência irá inevitavelmente aumentar a estimativa de emissão acima da média simples de um conjunto de medições. No entanto, o cálculo da Eletrobras contém nada menos que cinco erros matemáticos, incluindo uma mudança de sinal de positivo para negativo [1].

O cálculo da Eletrobras reduz a estimativa de superfície do reservatório em 76% abaixo da média aritmética simples, enquanto uma correta aplicação da lei de potência para os mesmos dados tornaria a estimativa corrigida 345% maior do que a estimativa Eletrobras [1]. Reservatórios hidrelétricos no Brasil, em 2000, totalizaram  $33 \times 10^3$  km<sup>2</sup>, uma área maior do que a Bélgica. A diferença entre a estimativa Eletrobras da emissão de metano a partir desta superfície ( $0,22 \times 10^6$  t/ano) e a correção do cálculo ( $0,98 \times 10^6$  t/ano) é equivalente a  $7,0 \times 10^6$  t de carbono CO<sub>2</sub>-equivalente por ano, ou uma emissão aproximadamente igual à da Grande São Paulo [1], se calculado utilizando um potencial de aquecimento global (GWP) de 34 em um horizonte de tempo de 100 anos [3].

A magnitude da subestimação no cálculo da Eletrobras seria equivalente a  $5,2 \times 10^6$  t de carbono CO<sub>2</sub>-equivalente, se se usa o GWP mais baixo de 25 atualmente adotada pela Convenção do Clima para o período de 2013-2017, mas que omite os efeitos indiretos do metano.

O Plano Decenal de Expansão de Energia, do Ministério das Minas e Energia, abrangendo o período 2011-2020, prevê a construção de mais 48 grandes barragens, dos quais 30 seriam na Amazônia Legal ([4], p. 285). Isto significa a construção de uma barragem a cada quatro meses na Amazônia. A construção de barragens está se deslocando para áreas tropicais em uma escala global, incluindo os planos da Eletrobrás para construir mais de uma dezena de barragens no Peru e em outros países da Amazônia. Represas tropicais emitem mais gases de efeito estufa do que as barragens em outras zonas (*e.g.*, [5, 6]).

Barragens na Amazônia estão sendo promovidas, em parte, com base em um suposto benefício para mitigar o aquecimento global ([6], p. 32-33), incluindo a intenção de captação de recursos de mitigação em larga escala no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto ([6], p. 118). Infelizmente, estas barragens podem vir a ter emissões cumulativas que excedem as de geração de combustível fóssil, durante períodos que podem se estender por várias décadas, tornando-as indefensáveis com base na mitigação do aquecimento global [7].

No caso do Brasil, a floresta amazônica está sob risco das consequências do aquecimento global nesta escala de tempo [8]. O período de tempo é crítico para lidar com o aquecimento global: barragens produzem uma grande emissão nos primeiros anos, seguido por uma emissão inferior que é mantida indefinidamente, enquanto que a geração a partir de combustíveis fósseis produz emissões a uma taxa constante.

A “dívida” de gás de efeito estufa criada pela barragem, nos primeiros anos, quando as emissões são muito mais elevadas do que os da geração de combustíveis fósseis, pode levar décadas para ser compensada depois das emissões da barragem estabilizarem em um nível inferior ao da geração com combustíveis fósseis [9]. As consequências são graves de esperar décadas para começar a efetiva redução das emissões globais.

Controlar o aquecimento global exigirá medidas de mitigação que são suficientes para manter a concentração atmosférica de gases de efeito estufa abaixo de um nível definido como “perigoso”. Todas as emissões devem ser mitigadas, sejam ou não o resultado de ações humanas deliberadas, tais como a construção de represas, e independentemente de se é obrigatório ser informado nos inventários nacionais exigidos pela Convenção de Clima.

Se qualquer uma dessas emissões for ignorada ou subestimada, em seguida, as quotas nacionais (quantidades atribuídas) negociadas para reduzir as emissões serão insuficientes, e as temperaturas globais continuarão a aumentar, juntamente com todos os impactos que isso implica. Entre as questões a serem enfrentadas está a contagem de todas as emissões de barragens, e a inclusão obrigatória delas nos inventários nacionais.

As emissões provenientes de hidrelétricas tropicais significam que esta não é energia “limpa” e que os países precisam se comprometer a fazer cortes mais profundos nas suas emissões de gases de efeito estufa antropogênicos do que eles estavam dispostos a considerar até agora [10].

## NOTAS

- [1] 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
- [2] 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.eletronbras.com/elb/services/eletronbras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID=%7BCAFECBF7-6137-43BC-AAA2-35181AAC0C64%7D&ServiceInstUID=%7B3CF510BA-805E-4235-B078-E9983E86E5E9%7D>.
- [3] 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.
- [4] Brasil, MME (Ministério de Minas e Energia). 2011. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. MME, Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, DF. 2 vols.
- [5] Del Sontro, T., D.F. McGinnis, S. Sobek, I. Ostrovsky & B. Wehrli. 2010. Extreme methane emissions from a Swiss hydropower reservoir: Contribution from bubbling sediments. *Environ. Sci. and Technol.* 44: 241-2425. Doi: 10.1021/es9031369
- [6] Barros, N., J.J. Cole, L.J. Tranvik, Y.T. Prairie, D. Bastviken, V.L.M. Huszar, P. del Giorgio & F. Roland. 2011. Carbon emission from hydroelectric reservoirs linked to reservoir age and latitude. *Nature Geoscience* 4: 593-596. Doi: 10.1038/NGEO1211
- [7] Fearnside, P.M. 2013. Carbon credit for hydroelectric dams as a source of greenhouse-gas emissions: The example of Brazil's Teles Pires Dam. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(5): 691-699. Doi: 10.1007/s11027-012-9382-6
- [8] Fearnside, P.M. 2009b. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Australis* 13(4): 609-618. Doi: 10.4257/oeco.2009.1304.05
- [9] Fearnside, P.M. 2009a. As hidrelétricas de Belo Monte e Altamira (Babaquara) como fontes de gases de efeito estufa. *Novos Cadernos NAEA* 12(2): 5-56.
- [10] Este texto é uma tradução parcial atualizada de: Fearnside, P.M. & S. Pueyo. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2(6): 382-384. Doi:10.1038/nclimate1540 [disponível em: <http://www.nature.com/nclimate/journal/v2/n6/full/nclimate1540.html>]. PMF é do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Av. André Araújo, 2936, Manaus, Amazonas, CEP 69067-0375. SP é do Dept. d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, Av. Diagonal 645, 08028, Barcelona, Catalunha, Espanha. As pesquisas dos autores são financiadas exclusivamente por fontes acadêmicas: Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (proc. 304020/2010-9; 573810/2008-7, 575853/2008-5), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (proc. 708565) e pelo INPA (PRJ13.03). SP agradece ao "Centre de Recerca Matemàtica" (CRM) pela hospitalidade durante este trabalho. Agradecemos ao P.M.L.A. Graça pelos comentários.

**Leia também:**

- [Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 1: Emissões Subestimadas](#)
- [Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 2: Estimativas de Metano](#)

**Philip M. Fearnside** é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus, do CNPq e membro da Academia Brasileira de Ciências. Também coordena o INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia) dos Serviços Ambientais da Amazônia. Em 2007, foi um dos cientistas ganhadores do Prêmio Nobel da Paz pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC).

**Salvador Pueyo** é do Departamento de Ecologia da Universidade de Barcelona, Catalunha, Espanha. É especialista na área de matemática usada pelo Eletrobrás para ajustar cálculos de emissão de metano: a “criticalidade auto-organizadora” (SOC). Fez pós-doutorado orientado por Philip Fearnside, no Inpa, aplicando esta área à questão de incêndios na Amazônia, e depois trabalhou no Instituto de Mudanças Climáticas de Catalunha (IC3), onde analisou os cálculos de Eletrobrás. Hoje colabora com o Centro de Pesquisa Matemática (CRM) na aplicação de matemática aos problemas ecológicos.

**Matérias relacionadas**

- [Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 2: Estimativas de Metano](#)
- [Barragens Tropicais e Gases de Efeito Estufa 1: Emissões Subestimadas](#)
- [A Hidrelétrica de Teles Pires – 2: Rebrotou da biomassa](#)
- [Entre a cheia e o vazio: Documentário mostra influência](#)