

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

# **Emissões provenientes de usinas hidrelétricas: Resposta a Rosa et al.**

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

Fearnside, P.M. 2006. Greenhouse gas emissions  
from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al.  
*Climatic Change* 75(1-2): 103-109.

doi: 10.1007/s10584-005-9016-z

ISSN: 0165-0009

Copyright: Springer.

The original publication is available at:  
O trabalho original está disponível em:

<http://www.springerlink.com>

Preprint disponível em: <http://philip.inpa.gov.br>

# **Emissões provenientes de usinas hidrelétricas: Resposta a Rosa *et al.***

**Philip M. Fearnside**

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

69067-375 Manaus, Amazonas

Email: pmfearn@inpa.gov.br

Tradução de:

Fearnside, P.M. 2006. Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Reply to Rosa et al. *Climatic Change* 75(1-2): 103-109. doi: 10.1007/s10584-005-9016-z

Desde a minha primeira estimativa indicando altas emissões de gases de efeito estufa de represas amazônicas (Fearnside, 1995), Luis Pinguelli Rosa e colegas têm efetivamente feito uma carreira tentando provar que estou errado. No entanto, quanto mais tempo este debate continua e quanto mais informações estiverem disponíveis, cada vez maiores são os impactos que vem sendo descobertos. O último ataque (Rosa et al., 2006) serve para ilustrar uma série de equívocos em relação à ciência e traz alguma noção do contexto político que envolve o assunto no Brasil.

Em primeiro lugar, várias reivindicações na carta de Rosa et al. (2006) são tecnicamente incorretas e induzem ao erro os leitores não familiarizados com os detalhes das rodadas anteriores deste debate. Rosa et al. (2006) afirmam que presumi que a concentração de CH<sub>4</sub> fosse "uniforme no reservatório e constante durante muitos anos". Nenhuma dessas suposições foi feita. O cálculo em questão (por Tucuruí) apenas se aplica esta concentração para a profundidade da turbina, não como uma concentração que é uniforme ao longo de todo o reservatório. Na verdade, é conservadora, já que o valor é baseado numa medição a 30 m de profundidade, e é presumido ser a mesma para a profundidade de 34,6 m onde ficam as tomadas d'água das turbinas, embora as concentrações de metano sejam bem conhecidas em aumentar de forma constante com a profundidade em qualquer lugar abaixo da termoclina. Também a concentração não é presumida como sendo constante durante muitos anos, nem é indevidamente "estendida por extrapolação". A "extrapolação" referida é só por um ano, a partir de 1989 (o ano da medição de Tundisi) para 1990 [não 1991]. O ano de 1990 foi utilizado para a estimativa, porque este é o ano padrão para os inventários nacionais de gases de efeito estufa iniciais no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. As proporções de água que passaram pelos vertedouros e pelas turbinas são de 1991, o ano mais próximo de 1990 para qual os dados estavam disponíveis.

O gráfico (Rosa et al., 2006, Fig. 1), reproduzido a partir de Galy-Lacaux et al. (1999), mostra o ciclo anual de variação da concentração de metano no reservatório de Petit Saut, na Guiana Francesa, juntamente com o declínio geral esperado ao longo do tempo com o avanço da idade do reservatório. A medição de Tucuruí em março de 1989 (estação chuvosa na idade de quatro anos) corresponde à quarta oscilação para baixo no gráfico, que apresenta uma curva em forma de "dente de serra". A diminuição do quarto ano para o quinto ano é de aproximadamente 0,5 mg/litro (cerca de 12,5%), longe de ser o suficiente para explicar o suposto exagero dezoito vezes em emissões de metano.

O valor na idade de quatro anos no gráfico de Galy-Lacaux et al. (1999) é aproximadamente 50% menor do que o número correspondente medido em Tucuruí (4 contra 6 mg/litro). No entanto, há uma boa razão para isso: o gráfico de Galy-Lacaux et al. (1999), é para concentrações médias de metano na coluna de água como um todo, ao passo que a concentração mencionada no meu trabalho refere-se à concentração necessariamente superior à profundidade das entradas das turbinas. Desde a sua publicação em 1999, o grupo de pesquisa de Petit-Saut mudou para o método de cálculo das emissões das turbinas adotado por mim, passando a usar a concentração na profundidade das turbinas, ao invés de usar a média para a coluna de água inteira (Delmas et al., 2004; Richard et al., 2004).

O constante da Lei de Henry mencionado no meu comentário editorial vem de uma referência química padrão (Geventman, 1999). Conversões de unidade seguem Plambeck (1995) e não se acredita que estejam erradas. A conclusão de Rosa et al.

(2006) sobre o alegado erro na constante da Lei de Henry é notável, já que o suposto erro está na direção errada para a inferência de que eles tiram. Se a concentração de equilíbrio de metano em água a uma pressão de uma atmosfera (ou seja, no canal de fuga) foi *menor* do que o valor calculado, então deve-se concluir que *mais* (não menos)  $\text{CH}_4$  é liberado quando a água, que está supersaturada com metano, emerge das turbinas. Mesmo que o valor da constante da Lei de Henry fosse o valor sugerido por Rosa et al. (2006), as estimativas da emissão de  $\text{CH}_4$  apresentadas no meu comentário editorial permaneceriam as mesmas. Tanto a discussão da Lei de Henry e de refrigerantes no meu comentário editorial eram ilustrações dos princípios envolvidos na liberação de metano. O cálculo real do montante liberado, no entanto, foi baseado em medições publicadas de concentrações de  $\text{CH}_4$  acima e abaixo de barragens reais. Em vez de um cálculo teórico de mudanças de temperatura e pressão, a conclusão final, que Rosa et al. (2006) acham "absurda", é baseada em uma linha mais direta de provas.

Rosa et al. (2006) sugerem que o argumento para uma rápida liberação de metano quando a água emerge das turbinas de uma usina hidrelétrica é de alguma forma invalidado pela diferença entre os "alguns segundos" mencionados no meu trabalho como o tempo necessário para a liberação de bolhas de gás a partir de uma garrafa de Coca-Cola e a "meia hora" que se refere às últimas bolhas a surgir de uma garrafa, consumida de forma folgada, do refrigerante politicamente correto do Brasil – o guaraná. Infelizmente, se a liberação ocorre em questão de 30 segundos ou de 30 minutos não faz muita diferença para esta importante conclusão. Em ambos os casos, o metano das turbinas é liberado para a atmosfera antes de haver tempo para as bactérias no rio degradarem o  $\text{CH}_4$  em  $\text{CO}_2$ , enquanto o metano ainda permanece dissolvido na água.

Rosa et. al. (2004) afirmam que "não há indicação de quaisquer emissões súbitas de metano para a atmosfera" no canal de fuga, porque, se houvesse uma liberação repentina, a concentração de metano seria "quase nula" na água do canal de fuga. Uma queda até uma concentração de zero não é necessário para que haja uma liberação muito significativa no canal de fuga. Os presumidos 55,5% para o ponto médio da liberação (logo a jusante) de água turbinada, com base em Petit Saut, é suficiente para ter um impacto substancial na atmosfera. A explicação da baixa concentração na água a jusante da barragem seria a liberação de grandes quantidades de metano quando a pressão é subitamente reduzida na passagem da água através das turbinas, conforme a queda na concentração de metano medida em Petit Saut (Galy-Lacaux et al., 1997, 1999). Uma forte confirmação desta conclusão, sem o fator complicador do dispositivo de aeração que existe a jusante de Petit-Saut, é fornecido pelo resultado da hidrelétrica de Balbina, no Estado do Amazonas. Em Balbina, medições mensais ao longo de um período de seis meses indicam que a liberação média de metano exportado imediatamente nas turbinas (através de ebulição nos primeiros 50 m do rio abaixo da barragem) é de 42,4%, e que 13,6% do metano restante é emitido no rio a jusante da barragem (A. Kemenes, comunicação pessoal, 2005). Do total de metano exportado pelas turbinas, a emissão, portanto, conforme essas médias é de 65,5% - um valor maior do que o ponto médio de 55,5% da faixa usada no meu cálculo para Tucuruí (Fearnside, 2002a). A maior vazão passando pelas turbinas (e a turbulência resultante) em Tucuruí, significa que a porcentagem emitida no canal de fuga seria maior em Tucuruí, em comparação com Balbina, fazendo o cálculo que publiquei para emissões das turbinas de Tucuruí ainda mais conservador. No caso do metano na água do vertedouro de Tucuruí, este é considerado para ser completamente liberado porque a água é pulverizada em pequenas

gotas à medida que cai 58 m para uma bacia de dissipação de concreto reforçado, incluindo um dispositivo "salto de esqui" que lança água para o alto (veja Fearnside, 2004a).

Rosa et al. (2006), aparentemente, têm uma leitura errada a descrição da porção de CO<sub>2</sub> do meu cálculo. Eles afirmam que eu adicionei as "emissões de CO<sub>2</sub>, não só do canal de fuga hidrelétrica, mas também da superfície da água". Nenhuma dessas fontes de CO<sub>2</sub> foi incluída no meu cálculo, e o único CO<sub>2</sub> incluído no cálculo é da decomposição acima d'água das árvores mortas. A liberação de CO<sub>2</sub> dissolvido, seja na superfície do reservatório ou no canal de fuga, não é precisamente considerada porque uma porção desta emissão é de carbono que tenha sido fixado por fotossíntese no próprio reservatório (por exemplo, por algas e macrófitas e pela vegetação na zona de deplecionamento) e não é, portanto, uma contribuição líquida ao aquecimento global.

Rosa et al. (2006) têm confundido os números no meu cálculo de emissão do vertedouro, sugerindo que a concentração de metano a esta profundidade deve ser 3 mg/litro em vez de 7,5 mg/litro. A concentração de metano usada não era nenhum destes valores. Em vez disso, tinha uma média de 4 mg/litro (ver Figura 1 em Fearnside, 2004a). O valor de 7,5 mg/litro refere-se à concentração na profundidade das turbinas, em vez de se referir à profundidade mais rasa dos vertedouros.

A digressão sobre potenciais de aquecimento global (GWPs) e índices alternativos de equivalência entre gases de efeito estufa explica parcialmente como Rosa et al. (2006) conseguiram calcular um impacto tão baixo para as emissões de hidrelétricas. Vários "chapéus estão no ringue" de alternativas para substituir o GWP, que é o conversor atualmente usado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e pela Convenção do Clima. Propostas incluem tanto a minha própria alternativa (Fearnside, 1997, 2002b) e a de Rosa e Schaeffer (1995). Rosa et al. (2006) utilizaram a alternativa de Rosa e Schaeffer (1995) para calcular o valor para o impacto de Tucuruí. Conforme eles afirmam, o impacto de metano neste cálculo é equivalente ao de um GWP de apenas 7 (uma tonelada de CH<sub>4</sub> tendo o impacto de sete toneladas de CO<sub>2</sub>). Em comparação com o impacto indicado por valores internacionalmente aceitos para o GWP do metano, o impacto calculado usando um GWP de 7 é apenas um terço ou menos. No meu caso, ao invés de usar a minha própria alternativa, usei o GWP de 21 para o metano a partir Segundo Relatório de Avaliação do IPCC, que foi adotado pelo Protocolo de Quioto para o primeiro período de compromisso. Se eu tivesse um viés para exagerar o impacto de hidrelétricas, como Rosa et al. (2006) implicam fortemente, teria usado em vez disso o valor para o GWP de 23 para o metano a partir do Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC, dando um impacto de 9,5% superior, enquanto ainda usando um valor aceito internacionalmente para este parâmetro chave. [Observação acrescentada em 2014: o valor do GWP de metano aumentou em muito desde o 3º Relatório: para 25 no 4º Relatório, e 28 sob as mesmas condições (sem retroalimentações e integração de 100 anos) no 5º Relatório. Este último relatório, liberado em setembro de 2013, também calcula valores mais altos ainda: 34 para 100 anos com retroalimentações, e 86 para uma integração de 20 anos, que é mais relevante ao objetivo de evitar um aquecimento "perigoso" de 2°C].

Rosa et al. (2006) não fornecem qualquer informação sobre a sua estimativa, que produziu um valor para Tucuruí 19 vezes menor do que o meu. Esta informação seria necessário para identificar onde o restante da diferença está, para além da diferença de

três vezes explicada pela sua escolha de GWP. No entanto, supondo que eles estão se referindo ao mesmo trabalho apresentado em seu comentário editorial (Rosa et al., 2004), a principal diferença está em simplesmente ignorar todas as emissões das turbinas e vertedouros, bem como a decomposição acima d'água das árvores em pé deixadas no reservatório. A fim de comparar maçãs com maçãs, eles também devem comparar as emissões no mesmo ano (neste caso, 1990).

Eu sou acusado do pecado de não ter mencionado a proposta do grupo de pesquisa do Pinguelli Rosa para medir as concentrações de metano no canal de fuga abaixo de Tucuruí. Infelizmente, ter uma proposta não é a mesma coisa que ter completado as medições e publicado os resultados. O grupo de pesquisa pode ter certeza que os seus resultados não serão "ignorados", assim que passam a existir. A implicação de que estes resultados mostram que uma barragem de cinco anos de idade (Tucuruí em 1990) emite pouco metano não tem base que possa ver. Medições no canal de fuga em Petit Saut (Delmas et al., 2004; Richard et al., 2004) sugerem o contrário.

Rosa et al. (2006) dedicam um parágrafo à necessidade de dedução de emissões pré-barragens, a fim de chegar a um resultado líquido do impacto de uma barragem. A implicação é que eu tenha exagerado as emissões líquidas de Tucuruí, omitindo tal dedução. Ao contrário, os meus cálculos para Tucuruí incluem uma dedução exatamente deste tipo (ver Fearnside, 2002a). A afirmação de Rosa et al. (2006) de que as emissões pré-barragem têm "enormes emissões potenciais de gases de efeito estufa", no caso da hidrelétrica de Belo Monte não está de acordo com os meus cálculos para essa barragem (Fearnside, 2005).

Quanto à acusação de que "Fearnside leva vantagem de ter o inglês como língua mãe e de sua origem americana, para publicar muito no exterior ...", eu gostaria de salientar que eu também tenho publicado extensivamente em português ao longo dos meus 29 anos no Brasil, incluindo a explicação das emissões hidrelétricas (e.g., Fearnside, 2004b). Além de publicações em língua inglesa, os leitores podem encontrar publicações em língua portuguesa e traduções inéditas em <http://philip.inpa.gov.br>.

No que diz respeito às "insinuações políticas sobre uma declaração de José Miguez", não foram necessárias quaisquer "insinuações", já que a declaração em questão era explícita e inequívoca, e os leitores podem tirar as suas próprias conclusões a partir da própria citação. Significativamente, Rosa et al. (2006) não oferecem nenhuma interpretação alternativa sobre o que poderia ter significada a declaração do Sr. Miguez. A afirmação é verdadeiramente extraordinária proveniente da pessoa responsável por supervisionar o inventário nacional do Brasil das emissões de gases de efeito estufa, explicando que estimativas indicando altas emissões de usinas hidrelétricas representam um perigo político para o Brasil nas negociações internacionais, e que o assunto foi, portanto, confiado a ELETROBRÁS [ou seja, a Luis Pinguelli Rosa]. Suas palavras foram:

*“Nós [o setor de clima do MCT] conversamos com o Prof. Pinguelli [Rosa] e eu pedi ajuda da ELETROBRÁS [sobre o assunto de emissões de gás de efeito estufa de hidrelétricas]; aliás quem coordenou esse trabalho [i.e., as estimativas das emissões por hidrelétricas, apresentadas no Inventário Nacional] foi a ELETROBRÁS exatamente por causa disso, porque esse assunto estava virando político. Ele tem um impacto muito grande no nível mundial, nós vamos sofrer*

*pressão dos países desenvolvidos por causa desse assunto. E esse assunto era pouco conhecido. É maltratado. Ele é maltratado e continua sendo maltratado pelo próprio Philip Fearnside e nós temos que tomar muito cuidado. Esse debate que esta acontecendo agora na imprensa mostra claramente isso, quer dizer, você pega qualquer declaração e leva para um lado para mostrar que o Brasil não é limpo, que o Brasil está se omitindo muito, que o Brasil, implicitamente, no futuro tem que ter compromisso [para reduzir as emissões]. Esse que é o grande debate político e nós estamos nos preparando para isso.”* (Brasil, MCT, 2002).

A implicação de que mencionar a afirmação é de alguma forma antiética é estranho, uma vez que Miguez, como chefe do setor de clima do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), não só fez a declaração, mas também convocou a reunião em questão, fez gravar as falas, teve a gravação transcrita, e postou a transcrição em um site público para o qual ele mesmo era o responsável.

Não se pode deixar de ficar impressionado com a longa defesa estimulada pela simples menção do fato de que Luis Pinguelli Rosa era o presidente da ELETROBRÁS. Como deixei claro (Fearnside, 2004a), em 2002, no momento da declaração do J.D. Miguez que menciona Pinguelli Rosa pelo nome em associação com a ELETROBRÁS, ele ainda não era o presidente desse órgão. A minha menção da posição de Pinguelli Rosa como chefe da agência foi feita sem nenhum comentário adicional, nem mesmo apontando que ele ocupava esse cargo no momento em que ele escreveu seu comentário editorial (ou seja, sem "insinuação" sobre um possível conflito de interesse). Pinguelli Rosa afirma que a menção da ELETROBRÁS é, de algum modo, uma violação de ética. No entanto, se há uma questão ética aqui, com certeza é que Pinguelli Rosa publicou seu comentário editorial identificando-se como um mero professor de física na Universidade Federal do Rio de Janeiro, sem mencionar que ele também ocupava o cargo que corresponde à pessoa número um no governo brasileiro responsável pela promoção de hidrelétricas. Eu acredito que esta é uma informação relevante no caso de um artigo que afirma, em essência, que as hidrelétricas não são tão ruins assim.

## AGRADECIMENTOS

R.I. Barbosa, B.R. Forsberg, PMLA Graça e A. Kemenes fizeram comentários valiosos. Agradeço A. Kemenes permissão para citar suas medidas na saída das turbinas em Balbina. O apoio financeiro foi fornecido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Proc. 477430/2003-1, Proc. 306031/2004-3 e Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) PPI 1-1005.

## REFERÊNCIAS

Brasil, MCT. 2002. Degravação do workshop: Utilização de Sistemas Automáticos de Monitoramento e Medição de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Qualidade da Água em Reservatórios de Hidrelétricas. Centro de Gestão de Estudos Estratégicos do MCT, Brasília – DF, 06 de fevereiro de 2002. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), Brasília, DF. [postado de 2002 a 2007 em: <http://www.mct.gov.br/clima/brasil/doc/workad.doc>] Disponível em: [http://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/Other%20side-](http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Other%20side-)

outro%20lado/Hydroelectric%20emissions/Degravacao%20de%20workshop-workad.pdf

- Delmas, R., Richard, S., Guérin, F., Abril, G., Galy-Lacaux, C., Delon C. & Grégoire, A. 2004. Long term greenhouse gas emissions from the hydroelectric reservoir of Petit Saut (French Guiana) and potential impacts. In: Tremblay, A., Varfalvy, L., Roehm, C. & Garneau, M. (eds.), *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*, Environmental Science Series, Springer-Verlag, New York, E.U.A. p. 293-312.
- Fearnside, P. M. 1995. Hydroelectric dams in the Brazilian Amazon as sources of 'greenhouse' gases. *Environmental Conservation* **22**(1): 7-19.
- 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.
- Fearnside, P. M. 2002a. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* **133**(1-4): 69-96.
- Fearnside, P. M. 2002b. Time preference in global warming calculations: A proposal for a unified index. *Ecological Economics* **41**(1): 21-31.
- Fearnside, P. M.: 2004a, 'Greenhouse gas emissions from hydroelectric dams: Controversies provide a springboard for rethinking a supposedly "clean" energy source', *Climatic Change* **66**(1-2), 1-8.
- Fearnside, P. M. 2004b. Gases de efeito estufa em hidrelétricas da Amazônia. *Ciência Hoje* **36**(211), 41-44.
- Fearnside, P.M. 2005. Hidrelétricas Planejadas no Rio Xingu como Fontes de Gases do Efeito Estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara).pp. 204-241 In: Sevá Filho, A.O. (ed.) *Tenotã-mõ: Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu, Pará, Brasil*", International Rivers Network, São Paulo, SP. 344 p.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Jambert, C., Dumestre, J.-F., Labroue, L., Richard, S. & Gosse, P. 1997. Gaseous emissions and oxygen consumption in hydroelectric dams: A case study in French Guyana. *Global Biogeochemical Cycles* **11**(4): 471-483.
- Galy-Lacaux, C., Delmas, R., Kouadio, J., Richard, S. & Gosse, P. 1999. Long-term greenhouse gas emissions from hydroelectric reservoirs in tropical forest regions. *Global Biogeochemical Cycles* **13**(2), 503-517.
- Geventman, L. H. 1999. Solubility of selected gases in water. In: Lide, D. R. (ed.), *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 1999-2000 80<sup>th</sup> edition*, CRC Press, Boca Raton, Florida, E.U.A. p. 8-86 – 8-90.
- Plambeck, J. A. 1995. Henry's Law and the solubility of gases.  
<http://www.psigate.ac.uk/newsite/reference/plambeck/chem2/p01182.htm>.



- Richard, S., Gosse, P., Grégoire, A., Delmas, R. & Galy-Lacaux, C. 2004. Impact of methane oxidation in tropical reservoirs on greenhouse gases fluxes and water quality. In: Tremblay, A., Varfalvy, L., Roehm, C. & Garneau, M. (eds.), *Greenhouse Gas Emissions: Fluxes and Processes. Hydroelectric Reservoirs and Natural Environments*, Environmental Science Series, Springer-Verlag, New York, E.U.A. p. 529-560.
- Rosa, L. P. & Schaeffer, R. 1995. Global warming potentials: The case of emissions from dams. *Energy Policy* **23** (2): 149-158.
- Rosa, L. P., dos Santos, M. A., Matvienko, B., dos Santos, E. O. & Sikar, E. 2004. 'Greenhouse gases emissions by hydroelectric reservoirs in tropical regions', *Climatic Change* **66**(1-2): 9-21.
- Rosa, L. P., dos Santos, M. A., Matvienko, B., Sikar, E. & dos Santos, E. O. 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. doi: 10.1007/s10584-005-9046-6