http://amazoniareal.com.br/o-credito-de-carbono-da-barragem-de-santo-antonio-10-emissoes-a-jusante/

Colunas

# O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 10 – Emissões a jusante

**Amazônia Real**
*10/11/2015 17:48*
**PHILIP M. FEARNSIDE**

No caso de uma estação de amostragem, localizada a aproximadamente 3 km rio abaixo da barragem ([1], p. 18), a concentração no ar foi de 8,4 ppmv, ou 5,5 vezes maior do que a concentração encontrada na água ([2], p. 28). As concentrações foram também medidas em duas estações de amostragem muito mais a jusante, com resultados mistos. Numa estação cerca de 29 km abaixo da barragem a concentração no ar era apenas 2 ppmv, enquanto que na água foi de 17,5 vezes maior, ou similar às concentrações em afluentes de Santo Antônio. A outra estação, localizada a aproximadamente 100 km abaixo da barragem, tinha concentrações similares às da estação localizada a 3 km abaixo da barragem, com uma concentração no ar de 13,3 ppmv, ou 8,6 vezes maior do que a concentração na água.

A emissão imediatamente abaixo da barragem é de um tipo de emissão diferente daquela da superfície da água em afluentes dentro do reservatório. No caso dos afluentes, a emissão é contínua, com a água de superfície tendo altas concentrações de $CH_4$ que é continuamente alimentada pela decomposição anaeróbica em sedimentos no fundo, e no ar à altura de 30 cm acima da água tem uma concentração de $CH_4$ muito inferior à da água. Na estação de amostragem a 3 km abaixo da barragem, no entanto, a relação é inversa, com uma concentração de $CH_4$ bastante reforçada no ar, mas pouco $CH_4$ na água. Isso indica que, em vez de um fluxo contínuo de $CH_4$ através da coluna d'água e difusão pela superfície, o gás foi lançado em uma única explosão (presumivelmente na forma de bolhas) quando a água emerge das turbinas e dos vertedouros. O gás permanece no ar sobre o rio para uma distância considerável a jusante, mas a taxa de fluxo na superfície enquanto a água continua a fluir a jusante seria pequeno, muito menos do que seria necessária para explicar a elevada concentração de $CH_4$ a 30 cm de altura.

Mesmo se a água no trecho logo a jusante da barragem não tenha condições para medições de fluxo direto com câmaras, as medições nos diria pouco sobre a quantidade de $CH_4$ que teria sido emitida no surto inicial. Da mesma forma, se dados estivessem disponíveis sobre a componente vertical do movimento do ar, a emissão total não poderia ser calculada a partir da concentração no ar porque a emissão, neste caso, não é um fluxo contínuo. No entanto, uma ideia muito aproximada pode ser adquirida de um valor mínimo para esse fluxo. É conhecido a partir de estudos de perfis de concentração de $CO_2$ na coluna de ar sobre pastagens na Amazônia, que durante a noite, se o ar estiver sem movimento (o que impossibilita a medição), a concentração do gás é aproximadamente constante até a altura da camada limite, que, com base em dois métodos de estimativa, está, em média, a 51 m acima da superfície ([3], p. 893). Isto se refere a um gás ($CO_2$) proveniente de uma fonte contínua, ou seja a respiração da vegetação à noite, tornando-o diferente de um pulso único de emissão como no caso do $CH_4$ liberado de desgaseificação nas turbinas e vertedouros. A concentração a 30 cm de altura não pode ser extrapolada até uma altura de 51 m. No entanto, pode-se fazer uma suposição conservadora, como a que, em média, a coluna de ar contém esta concentração até uma altura de 5 m (ou seja, 10% da altura aproximada na qual a massa de ar pode ser presumida subir à noite).

O rio Madeira logo abaixo da represa tem uma largura de 2,2 km, estreitando para 1,4 km em frente de Porto Velho e a 0,8 km abaixo da cidade (medida do Google Earth). Se for suposto que a massa de ar que contém o metano permanece no rio ao longo de 6 km (ou seja, duas vezes a distância da primeira estação de amostragem abaixo da barragem, o metano medido acima da primeira estação de amostragem, portanto, representa o ponto a meio caminho em um presumível declínio linear a partir da barragem) e considerando a largura de rio de 1,4 km (correspondente na estação de medição 3 km abaixo da barragem) como mais relevante para a dissipação da emissão inicial da água que passa através da barragem, o volume da massa de ar que contém o metano é de $4{,}20 \times 10^7$ $m^3$. Considerando a temperatura média do ar de 33° C nos locais de medição no reservatório ([2], p. 31), a altitude da superfície do rio de 55,3 m acima do nível do mar ([4], Tomo A, Vol. 1, p. VII-50), a densidade do ar nesta altitude e temperatura é 0,68% inferior à densidade em condições normais de temperatura e pressão, que é equivalente a 0° C ao nível do mar [5].

A concentração média no ar em quatro locais sobre o reservatório principal de 1,4 ppmv $CH_4$ ([1], p. 27) pode ser tomada como a concentração de referência para o cálculo de enriquecimento. As medições de concentração no ar foram feitas ao nível da parte superior das câmaras de flutuação, ou a aproximadamente 30 cm acima da água ([1], p. 12-13).

Na temperatura e a altitude em Porto Velho, um mol de gás ocupa 22,55 litros, e a massa de ar acima do rio contém $1{,}86 \times 10^9$ moles de ar. O enriquecimento de metano de 8,4 – 1,4 = 7,0 ppmv corresponde a $1{,}30 \times 10^4$ moles de metano na massa de ar, ou 208,6 kg de gás metano. No mês de fevereiro, quando as medições de metano foram feitas, os ventos predominantes no local são do Norte ([6], p. 17), ou seja, que o vento tem um ângulo de ataque de 35° em relação ao eixo do rio, que (ignorando irregularidades) flui em uma direção aproximadamente nordeste neste trecho em um ângulo de 35° (Google Earth). A velocidade média do vento no momento da medição na estação de amostragem a 3 km abaixo da barragem foi de 2,3 m/s ([1], p. 35). Ao longo do ano, a velocidade média do vento em Porto Velho é de 1,4 m/s ([6], p. 16). A velocidade do vento medida em cada local e a direção presumida implicam que o vetor que representa o movimento de um lado para o outro lado do rio tinha uma velocidade

de 1,3 m/s. O ar sobre o rio, portanto, estava sendo renovado a cada 18 minutos, e a quantidade total de $CH_4$ emitido correspondia a 27 t/dia ou $1,67 \times 10^4$ t/ano.

A emissão total estimada de fluxos acima e abaixo da barragem é de $1.48 \times 10^4$ t/ano para o nível de água (cota) de 70 m, $1,59 \times 10^4$ t/ano no nível de 70,5 m e $1,77 \times 10^4$ t/ano no nível de 71,3 m. Deste total, 41,3% representam emissões a jusante no nível 70 m, as percentagens correspondentes sendo 38,3% em 70,5 m e 34,5% em 71,3 m. A emissão a jusante é, provavelmente, em grande parte o resultado de liberação imediata, na hora que a água passa através da barragem, e presume-se que não continuaria a um nível significativo a partir da superfície da água além do ponto de medição 3 km abaixo da barragem.

Algumas verificações da realidade são factíveis com base na quantidade de metano que iria ser transportado através da barragem em diferentes concentrações possíveis. Considerando o escoamento médio anual de 18.806 $m^3/s$ no período 1931-2005, as emissões calculadas a jusante de 175.024 t de $CH_4$ representam 15,4% dos $1,14 \times 10^6$ t/ano de metano transportado através da barragem, se a água contém a alta concentração média encontrada em águas superficiais nos afluentes. Porém, representaria um percentual impossível de 410% do metano que passaria pela barragem (42.730 t/ano) se a água contivesse a concentração medida em águas superficiais no rio principal na estação de medição mais próxima acima da barragem. No entanto, as concentrações de metano medidas na superfície não representam a concentração média da coluna de água, especialmente se a água for estratificada, uma vez que as concentrações de metano na parte inferior do reservatório sob essas condições são muito maiores do que na superfície. A concentração na água de superfície abaixo da barragem, uma vez sendo essencialmente igual à concentração acima da barragem significa que o enriquecimento de metano do ar não é explicado pela liberação de metano transportado conforme o cálculo da concentração de superfície e, portanto, a liberação de metano deve ser a partir da água com maior concentração, na parte inferior do rio. No momento da medição, quase todo o fluxo do rio estava passando pelos vertedouros, que tiram água do fundo da coluna de água e que produzem forte turbulência abaixo da barragem. Um lançamento desta magnitude, portanto, não parece razoável, mas a incerteza é elevada.

Outra verificação é a porcentagem das emissões totais de metano que é estimada para ocorrer a jusante, neste caso 34,5% para o nível de água de 70,5 m. Essa percentagem é bem inferior aos percentuais em outras barragens na América do Sul tropical: Balbina na idade de 18 anos emitia 52,7% do seu $CH_4$ a jusante [7], Petit Saut na idade de 9 anos emitia 78,6% a jusante [8] e Tucuruí na idade de 6 anos emitia 88,2% a jusante [9]. Estas outras barragens apresentam diferenças significativas em relação à Santo Antônio, incluindo áreas de reservatório substancialmente maiores que levariam a uma menor importância esperada das emissões a jusante, quando expressa como uma percentagem do total. A maior vazão do Rio Madeira, em comparação com os rios em outras barragens sul-americanas, também faria o percentual esperado de emissões a jusante ser maior em Santo Antônio. A menor percentagem de emissão a jusante calculada para Santo Antônio é, portanto, uma característica que sugere que a estimativa das emissões a jusante é conservadora.

Enfatizo que a estimativa apresentada acima para Santo Antônio é um cálculo muito grosseiro, mas dá uma ideia da magnitude envolvida com base nas melhores informações disponíveis. A estimativa acima contém vários pressupostos conservadores. Talvez o maior seja que a concentração de metano no ar de uma medição feita cerca de 3 km abaixo da barragem representa o valor a ser aplicado para a

massa de ar acima do rio. Sendo que a maior parte das emissões normalmente ocorre muito rapidamente quando a água passa através da barragem (veja [10]), o valor usado aqui é provavelmente subestimado, porque muito do metano do surto inicial de emissão teria já sido deslocado lateralmente pelos ventos, levando o metano para longe do rio antes de chegar ao ponto de medida 3 km abaixo da barragem.[11]

**NOTAS**

[1] Hällqvist, E. 2012. *Methane emissions from Three Tropical Hydroelectrical Reservoirs.* Committee of Tropical Ecology, Uppsala University, Uppsala, Suécia. 46 p. http://www.ibg.uu.se/digitalAssets/122/122484_hallqvist-emma-report.pdf

[2] Grandin, K. 2012. *Variations of Methane Emissions within and between Three Hydroelectric Reservoirs in Brazil*. Department of Ecology and Evolution, Limnology, Uppsala University, Uppsala, Suécia. 71 p. http://www.ibg.uu.se/digitalAssets/130/130865_172grandin.pdf

[3] Acevedo, O.C., Moraes, O.L.L., da Silva, R., Fitzjarrald, D.R., Sakai, R.K., Staebler, R.M., Czikowsky, M.J. 2004. Inferred nocturnal surface fluxes from vertical profiles of scalars in an Amazonian pasture. *Global Change Biology* 10: 886-894. doi: 10.111/j.1529-8817.2003.00755.x

[4] FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht S.A.), Leme Engenharia. 2005. *EIA-Estudo de Impacto Ambiental Aproveitamentos Hidrelétricos Santo Antônio e Jirau, Rio Madeira-RO. 6315-RT-G90-001*. FURNAS, CNO, Leme Engenharia. Rio de Janeiro, RJ. 8 Vols. Paginação irregular. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/EIA/10978-EIA%20Sto%20Antonio%20&%20Jirau%20Tomo%20A%20Vol%201.pdf

[5] Engineering Toolbox. 2014. *The Engineering Toolbox*. http://www.engineeringtoolbox.com/air-density-specific-weight-d_600.html

[6] Cortez, M. 2004. Climatologia de Rondônia. *Primeira Versão* 11(171): 1-19. http://www.primeiraversao.unir.br/atigos_pdf/numero171MarcosCortez.pdf

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

[8] Abril, G., Guérin, F., Richard, S., Delmas, R., Galy-Lacaux, C., Gosse, P., Tremblay, A., Varfalvy, L., dos Santos, M.A., Matvienko, B. 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

[9] Fearnside, P.M. 2002. Greenhouse gas emissions from a hydroelectric reservoir (Brazil's Tucuruí Dam) and the energy policy implications. *Water, Air and Soil Pollution* 133(1-4): 69-96. doi:10.1023/A:1012971715668

[10] Fearnside, P.M., Pueyo, S. 2012. Underestimating greenhouse-gas emissions from tropical dams. *Nature Climate Change* 2(6): 382–384. doi:10.1038/nclimate1540

[11] Isto é uma tradução parcial de Fearnside, P.M. 2015. 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. doi: 10.1007/s10584-015-1393-3. As pesquisas do autor são financiadas pelo Conselho Nacional do Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (proc. 304020/2010-9; 573810/2008-7), pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) (proc. 708565) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) (PRJ1).V

**Leia também:**

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 1 – Resumo da série

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 2 – Emissões de barragens tropicais

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 3 – Subestimação das emissões de hidrelétricas no MDL

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 4 – Falta de Adicionalidade

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 5 – Desenvolvimento sustentável

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 6 – Um exemplo concreto

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 7 – As emissões da hidrelétrica

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 8 – Emissões do desmatamento

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 9 – Emissões de reservatório acima da barragem

**Philip M. Fearnside** fez doutorado no Departamento de Ecologia e Biologia Evolucionária da Universidade de Michigan (EUA) e é pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), em Manaus (AM) desde 1978. Membro da Academia Brasileira de Ciências, também coordena o INCT (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia) dos Serviços Ambientais da Amazônia. Recebeu o Prêmio Nobel da Paz pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC), em 2007. Tem mais de 500 publicações científicas e mais de 200 textos de divulgação de sua autoria que estão disponíveis neste link.

# Notícias Relacionadas

## O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 9 – Emissões de reservatório acima da barragem

## O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 7 – As emissões da hidrelétrica

## O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 5 – Desenvolvimento sustentável

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 3 – Subestimação das emissões de hidrelétricas no MDL

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 1 – Resumo da série