

<http://amazoniareal.com.br/o-credito-de-carbono-da-barragem-de-santo-antonio-11-emissoes-da-construcao/>

O crédito de carbono da barragem de Santo Antônio: 11 – Emissões da construção



Colunas

Amazônia Real

16/11/2015 18:34

PHILIP M. FEARNSIDE

As emissões da construção da barragem e da linha de transmissão são mostradas na Tabela 2. A estimativa das emissões da construção da barragem é conservadora, sendo que a falta de informação resultou na não inclusão de várias fontes de emissão, tais como o uso de diesel combustível e eletricidade. Na estimativa para a linha de transmissão, as emissões na produção das 63.000 t de alumínio utilizadas nos cabos, sem dúvida, são subestimadas, uma vez que as emissões do processo de energia-intensivos de produção de alumínio são calculadas a partir de estimativas da Associação Brasileira do Alumínio [1] que considera a energia hidrelétrica como energia “verde”, livre de emissões.

Tabela 2: Emissões da construção da barragem de Santo Antônio e da linha de transmissão

Categoria	Item	Nº de Itens	Quantidade por item	Total quantidade	Unidades	Emissão por unidade (t de CO ₂ e)	Emissão total (t de CO ₂ e)	Referência quantidade	Referência Emissão
Aço									
	Vergalhões reforçados			167.837	t			(a)	
	Turbinas	44	899,36	39.572	t			(a)	
	Geradores	44	234,53	10.319	t			(a)	
	Comportas do vertedouro	21	234,53	4.925	t			(b)	
	Outros itens de aço			2.500	t			(b)	
	Aço total			225.153	t	2.200	495.336		(c)
Concreto									
	Concreto convencional			3.311.150	t			(a)	
	Concreto rolo-comprimido			408.000	t			(a)	
	Total de concreto			3.719.150	t				
	Areia e cascalho em concreto			2.769.688	t	0,009	25.758	(d)	(e)
Cimento									
				949.462	t	1,004	953.545	(a)	(e)
Escavação e preenchimento									
	Escavação comum			74.364.110	m ³			(a)	(d, f)
	Rocha acima da água			21.554.760	m ³			(a)	(d, f)
	Rocha abaixo da água			400.000	m ³			(a)	(d, f)

Preenchimento de terra	6.164.780	m ³			(a)	(d, f)
Preenchimento de rocha	5.852.870	m ³			(a)	(d, f)
Rip-rap	1.534.566	m ³			(a)	(d, f)
Total de preenchimento e escavação	109.871.086	m ³	0,0006	68.197		(f)
Subtotal de barragem				1.542.836		
Linha de transmissão						
Aço	52.000	t	2,200	114.400	(g)	(c)
Alumínio	63.000	t	4,250	267.750	(g)	(h)
Total da linha de transmissão				382.150		
Fração da linha de transmissão atribuída à Santo Antônio	0,5					
Subtotal da linha de transmissão atribuído à Santo Antônio				191.075		
Total atribuído à Santo Antônio				1.733.911		

(a) [2].

(b) baseado em Belo Monte [3].

(c) [4].

(d) concreto menos cimento.

(e) [5].

(f) As emissões para "terra transportada", aplicadas a todas as escavações e operações de preenchimento.

(g) [6].

(h) [1], p. 38.

As emissões da construção de barragem podem ser estimadas a partir das quantidades de aço, cimento e outros materiais (Tabela 2). As quantidades de materiais utilizados na construção de uma usina hidrelétrica são muito maiores do que aquelas para uma usina termoelétrica a gás equivalente. Uma estimativa para uma usina termelétrica a gás equivalente é incluída com base no aço nas turbinas (Tabelas 3 & 4). As emissões da construção representam 14% do impacto de Santo Antônio, excluindo as emissões a jusante (Tabela 4). A escolha de um horizonte de tempo pressupõe que dez anos é um tempo razoável sobre o qual alocar as emissões de construção. Esta é uma decisão política e ética, não uma decisão científica. A indústria hidrelétrica está ansiosa para ter todas as comparações feitas em uma base de 100 anos sem nenhum desconto por tempo (e.g., [7, 8]); isto faria as hidrelétricas aparecerem relativamente mais atraentes, por vários motivos, mas vai contra os interesses da sociedade em evitar níveis perigosos de aquecimento global (e.g., [9]). As emissões estimadas de Santo Antônio (incluindo as emissões a jusante) são comparadas com as emissões de linha de base na Tabela 3. A Tabela 4 faz a mesma comparação omitindo as emissões a jusante por serem muito incertas

Tabela 3: Estimativa das emissões de Santo Antônio (reservatório em 70,5 m + a jusante) em comparação com as emissões da linha de base

		Emissões da linha de base (t de CO ₂ e) (a)	Energia a ser gerada (MWh)	Emissão estimada de Sto. Antônio			
				CH ₄ (t/ano)	GWP = 25 (t de CO ₂ e)	GWP = 34 (t de CO ₂ e)	GWP = 86 (t de CO ₂ e)
Emissões de CO ₂ da construção da barragem (Tabela 2)					1.542.836	1.542.836	1.542.836
Emissões de CO ₂ do desmatamento para o reservatório (Tabela 2)					6.368.215	6.368.215	6.368.215
Emissões de CO ₂ da construção da linha de transmissão atribuídas à Santo Antônio (Tabela 2)					191.075	191.075	191.075
Emissões de CO ₂ do desmatamento para a linha de transmissão (Tabela 1)					252.137	252.137	252.137
Emissões de gás CO ₂ da construção da usina		2.157,8	(b)				
0	2012	518.205	1.893.741	15.911	397.782	540.984	1.368.371
1	2013	2.720.189	9.940.726	15.911	397.782	540.984	1.368.371
2	2014	4.953.586	18.102.507	15.911	397.782	540.984	1.368.371
3	2015	5.830.126	21.305.757	15.911	397.782	540.984	1.368.371
4	2016	5.846.099	21.364.129	15.911	397.782	540.984	1.368.371

5	2017	5.830.126	21.305.757	15.911	397.782	540.984	1.368.371
6	2018	5.830.126	21.305.757	15.911	397.782	540.984	1.368.371
7	2019	5.830.126	21.305.757	15.911	397.782	540.984	1.368.371
8	2020	5.846.099	21.364.129	15.911	397.782	540.984	1.368.371
9	2021	5.830.126	21.305.757	15.911	397.782	540.984	1.368.371
10	2022	2.429.219	8.877.398	15.911	397.782	540.984	1.368.371
	Total	51.466.185	188.079.300	175.024	12.729.868	14.305.086	23.406.345
	Perda em transmissão até São Paulo (c)	10.293.237	(d) 37.615.860				
	Energia transferida até São Paulo	41.172.948	150.463.440				
	Emissão por MWh entregue ao São Paulo (t CO ₂ e/MWh)	0,27		0,08	0,10		0,16

(a) Emissões de linha de base ([10], p. 35) baseiam-se no fator de emissões de margem combinada de 0,31, que é 50% do fator de emissões operacionais de margem da rede (0,4796) e 50% do fator de emissões de construção de margem da rede (0,1404) ([10], p. 34).

(b) Com base em turbinas a gás Alstom GT24 a 230-t, considerado o estado-da-arte; Esta turbina de 700 MW de capacidade opera com um fator de potência de 60% [11]. Isto forneceria um total de 62.362.000 MWh durante um período de 10 anos, e 4,1 destas turbinas supriria a eletricidade que a Santo Antônio vai entregar para São Paulo.

(c) Pressupõe perda de transmissão de 20%, que é a média para perdas brasileiras [12]. Isto é uma percentagem conservadora para uma linha desta extensão.

(d) Apesar de centrais a gás serem construídas onde a eletricidade é usada, evitando assim a perda de transmissão, a quantidade de eletricidade usada para o cálculo das emissões da linha de base no PDD é baseada na energia entregue à rede em um ponto localizado a 5 km da hidrelétrica de Santo Antônio.

Tabela 4: Cálculo das emissões de Santo Antônio (apenas do reservatório; nível da água =70,5 m) em comparação com as emissões da linha de base

	Emissões de linha de base (t CO ₂ e) (a)	Energia a ser gerada (MWh)	Emissão estimada de Sto. Antônio				
			CH ₄ (t/ano)	GWP = 25 (t de CO ₂ e)	GWP = 34 (t de CO ₂ e)	GWP = 86 (t de CO ₂ e)	
Emissões de CO ₂ da construção da barragem (Tabela 2)				1.542.836	1.542.836	1.542.836	
Emissões de CO ₂ do desmatamento para o reservatório (Tabela 2)				6.368.215	6.368.215	6.368.215	
Emissões de CO ₂ da construção da linha transmissão atribuídas à Santo Antônio (Tabela 2)				191.075	191.075	191.075	
Emissões de CO ₂ do desmatamento para a linha de transmissão (Tabela 1)				252.137	252.137	252.137	
Emissões de gás de CO ₂ da construção da usina	2.157,8 (b)						
0	2012	518.205	1.893.741	9.816	245.409	333.756	844.207
1	2013	2.720.189	9.940.726	9.816	245.409	333.756	844.207
2	2014	4.953.586	18.102.507	9.816	245.409	333.756	844.207
3	2015	5.830.126	21.305.757	9.816	245.409	333.756	844.207
4	2016	5.846.099	21.364.129	9.816	245.409	333.756	844.207
5	2017	5.830.126	21.305.757	9.816	245.409	333.756	844.207

6	2018	5.830.126	21.305.757	9.816	245.409	333.756	844.207
7	2019	5.830.126	21.305.757	9.816	245.409	333.756	844.207
8	2020	5.846.099	21.364.129	9.816	245.409	333.756	844.207
9	2021	5.830.126	21.305.757	9.816	245.409	333.756	844.207
10	2022	2.429.219	8.877.398	9.816	245.409	333.756	844.207
	Total	51.466.185	188.079.300	107.980	11.053.763	12.025.583	17.640.543
	Perda em transmissão para São Paulo (c)	10.293.237 (d)	37.615.860				
	Energia transferida para São Paulo	41.172.948	150.463.440				
	Emissão por MWh entregue a São Paulo (t CO ₂ e/MWh)	0,27		0,07	0,08	0,12	

(a) Emissões de linha de base ([10], p. 35) baseiam-se o fator de emissões de margem combinada de 0,31, que é 50% do fator de emissões operacionais de margem da rede (0,4796) e 50% do fator de emissões de construção de margem da rede (0,1404) ([10], p. 34).

(b) Com base em turbinas a gás Alstom GT24 a 230-t, considerado o estado-da-arte; Esta turbina de 700 MW de capacidade opera com um fator de potência de 60% [11]. Isto forneceria um total de 62.362.000 MWh durante um período de 10 anos, e 4,1 destas turbinas supriria a eletricidade que Santo Antônio vai entregar para São Paulo.

(c) Pressupõe perda de transmissão de 20%, que é a média para perdas brasileiras [12]. Isto é conservadora para uma linha desta extensão.

(d) Apesar de centrais a gás serem construídas onde a eletricidade é usada, evitando assim a perda na transmissão, a quantidade de eletricidade usada para o cálculo das emissões da linha de base no PDD é baseada na energia entregue à rede em um ponto a 5 km da hidrelétrica de Santo Antônio.

As emissões de construção da linha de transmissão podem ser estimadas conservadoramente com base nos materiais utilizados, ignorando outras fontes de emissão (Tabela 2). Apenas metade das emissões de construção é atribuída à empresa Santo Antônio, a outra metade sendo imputáveis à Jirau.

O projeto de carbono conta a eletricidade produzida no ponto onde entra o Sistema Interconectado Nacional (SIN), em uma junção, localizada apenas a 5 km da barragem. Na realidade, a grande maioria da eletricidade será usada em São Paulo depois de passar pela linha de transmissão de 2.362 km que foi construída para servir às represas do Rio Madeira. O projeto considera a perda de transmissão até a junção com o SIN sendo de apenas 3,2% ([10], p. 34). No entanto, a perda média na transmissão no Brasil é de 20% [12], e a linha de transmissão muito longa até São Paulo, uma das mais longas do mundo [6], sugere que as perdas seriam maiores que a média nacional.

Não só é a linha de transmissão que é omitida dos cálculos de emissão no PDD, mas isso também afeta a quantidade de crédito de carbono reivindicado. Porque o PDD alega crédito com base no número de megawatts-hora no ponto de entrega para o SIN, a quantidade de eletricidade chegando em São Paulo seria, na realidade, pelo menos 20% menos. Se usinas termelétricas a gás fossem usadas para substituir a barragem, seriam construídas perto da cidade onde a eletricidade é usada, assim eliminando perda de transmissão. As emissões de CO₂ de uma usina a gás que teoricamente está sendo eliminada pela barragem seriam, portanto, pelo menos 20% menos do que alegado no PDD.

As medições de fluxo logo a jusantes da barragem não são possíveis devido à turbulência excessiva para o uso das câmaras de flutuação. No entanto, é possível uma estimativa muito aproximada de emissão, baseado no enriquecimento de CH₄ observado do ar. A estimativa envolve informações incertas sobre as dimensões da massa de ar ao qual se aplicam os valores do enriquecimento de concentração e a direção do vento que, juntamente com a velocidade do vento, determina a taxa na qual se renova o ar sobre o rio. Estes são baseados em valores médios e poderiam ter sido diferentes no momento da medição. A medição em si poderia sempre ser atípica. No entanto, o raciocínio da melhor informação disponível, a jusante as emissões representam 34,5% do total se calculado com o nível de água em 70,5 m.

Com emissões a jusante incluídas a este nível da água, o impacto da gama de emissões do projeto hidrelétrico estaria numa faixa de 30% a 59% das emissões do cenário de linha de base, dependendo do valor do GWP usado para converter CH₄ em CO₂e (Tabela 3). Ambas as estimativas a jusante e a montante presumem que os valores usados, que foram medidos no primeiro ano do reservatório após o enchimento, aplicam-se ao período total de 10 anos. Isto é incerto, sendo que reservatórios têm emissões que oscilam ao longo do ciclo anual e sendo que, geralmente, há uma tendência para que as emissões diminuam ao longo dos primeiros dez anos (por quantidades amplamente variáveis). Uma característica positiva é o plano de manejo de Santo Antônio com um nível de água constante, embora sujeito a variações, tais como as inundações de 2014. Um fator negativo é a grande quantidade de carbono alóctone no Rio Madeira. Um resumo das emissões de Santo Antônio em relação ao fornecimento da mesma quantidade de energia para São Paulo a partir de centrais térmicas a gás é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Resumo das emissões estimadas de Santo Antônio em comparação com as emissões da linha de base

	Emissão estimada			Fonte
	GWP = 25 (t CO ₂ e)	GWP = 34 (t CO ₂ e)	GWP = 86 (t CO ₂ e)	
Emissões de CO ₂ da construção da barragem	1.542.836	1.542.836	1.542.836	Tabelas 1 e 3
Emissões de CO ₂ do desmatamento para o reservatório	6.368.215	6.368.215	6.368.215	Tabelas 1 e 3
Emissões de CO ₂ da construção da linha de transmissão ^a	191.075	191.075	191.075	Tabelas 1 e 3
Emissões de CO ₂ do desmatamento da linha de transmissão	252.137	252.137	252.137	Tabelas 1 e 3
Emissões de metano barragem ^b	12.729.868	14.305.086	23.406.345	Tabela 3
Total do projeto de Santo Antônio	21.084.131	22.659.349	31.760.608	Tabela 3
Construção de base de gás	2.158	2.158	2.158	Tabela 3
Operação de base de gás	51.464.027	51.464.027	51.464.027	Tabela 3
Total de gás da linha de base	51.466.185	51.466.185	51.466.185	Tabela 3
Emissão de Santo Antônio por MWh (t CO ₂ -e) ^c	0,08	0,10	0,16	Tabela 3
Emissão de gás de base por MWh (t CO ₂ -e)	0,27	0,27	0,27	Tabela 3

^aParte atribuída à Santo Antônio apenas.

^bEmissão a montante+ a jusante, total dos 10 anos de projeto.

^cEmissão por MWh entregue a São Paulo.

Mesmo se não se fossem consideradas as emissões a jusante devido à alta incerteza, o total das emissões restantes variariam entre 27% e 43% das emissões do cenário de linha de base para produzir a mesma quantidade de eletricidade (Tabela 4). A emissão, portanto, não é “insignificante”, mesmo quando uma das principais fontes de metano é ignorada. [13]

NOTAS

[1] ABAL (Associação Brasileira do Alumínio). 2011. *Sustainability Report of the Brazilian Aluminum Industry 2010*. ABAL, São Paulo, SP. 60 p. Disponível em: http://www.abal.org.br/servicos/biblioteca/rel_sustentabilidade_ind_aluminio_2010.asp

[2] FURNAS (Furnas Centrais Elétricas S.A.), CNO (Construtora Noberto Odebrecht S.A. 2008. Relatório atendimento of. 1116-2007 SGH-A. Ficha Técnica TCU – AHE Santo Antônio – Relatório Complementar. USINA HIDRELÉTRICA: AHE Santo Antônio. FURNAS & CNO, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/Mad/Documentos%20Oficiais/Madeira-_ompl/Rel%20atendimento%20of%201116-2007%20SGH-ANEEL/MADEIRA%20-%20RELATORIO%20COMPLEMENTAR/Ficha%20Técnica%20TCU%20-%20AHE%20Santo%20Antônio%20-%20Relatório%20Complement.doc

[3] 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.

[4] Van de Vate, J.F. 1995. The IAEA investigations into studies on comparative assessment of FENCH emissions of GHGs of different energy sources: An update. Assessment of Greenhouse Gas Emission from the Full Energy Chain for Nuclear Power and Other Energy Sources. IAEA, Vienna. 26-28 September 1995. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Áustria. Paginação irregular.

[5] Marheineke, T. s/d [C. 1996]. FENCH analysis of electricity generation: Greenhouse gas emission factors for hydropower. Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany. In: Working Material: Assessment of Greenhouse Gas Emissions from the Full Energy Chain for Hydropower, Nuclear Power and other Energy Sources. Papers presented at an IAEA Advisory Group Meeting jointly organized by Hydro-Québec and the International Atomic Energy Sources, Hydro-Québec Headquarters, Montréal (Canada) 12-14 March 1996. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Áustria. Paginação irregular.

[6] Moreira, R. 2013. Brasil terá uma das maiores linhas de transmissão do mundo. *O Estado de São Paulo*, 06 de dezembro de 2013. <http://economia.estadao.com.br/noticias/economia,brasil-tera-uma-das-maiores-linhas-de-transmissao-do-mundo,172205,0.htm>

[7] Fearnside, P.M. 1996. Montreal meeting on ‘greenhouse’ gas impact of hydroelectric dams. *Environmental Conservation* 23(3): 272-273. doi:10.1017/S0376892900038935

- [8] Goldenfum, J.A. 2012. Challenges and solutions for assessing the impact of freshwater reservoirs on natural GHG emissions. *Ecohydrology & Hydrobiology* 12: 115-122. doi: 10.2478/v10104-012-0011-5
- [9] Fearnside, P.M. 2002. Time preference in global warming calculations: A proposal for a unified index. *Ecological Economics* 41(1): 21-31. doi:10.1016/S0921-8009(02)00004-6
- [10] Santo Antônio Energia S.A. 2012. Santo Antonio Hydropower Project. PDD version: 01.1 (27/10/2011) Clean Development Mechanism Project Design Document Form (CDM-PDD) Version 03. Santo Antônio Energia S.A., Porto Velho, Rondônia. 53 p.
http://cdm.unfccc.int/filestorage/E/9/C/E9CIR7WM1SUB4X5QPVHA6KG0ZJLTFO/Santo%20Antonio_PDD_20022012.pdf?t=NH18bjNxeWdxfDD80ZqBJV6OAqLeVCB6tBCq
- [11] Wheeler, B. 2012. Follow me down the Tennessee: Alstom ships first gas turbine from Chattanooga. *Power Engineering*. 01 de julho de 2012. <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-116/issue-7/features/follow-me-down-the-tennessee-alstom-ships-first-gas-turbine-from-chattanooga.html>
- [12] Rey, O. 2012. Um olhar para as grandes perdas de energia no sistema de transmissão elétrico brasileiro. p. 40-44 In: Moreira, P.F. (ed.). *Setor Elétrico Brasileiro e a Sustentabilidade no Século 21: Oportunidades e Desafios*. 2ª ed. Rios Internacionais, Brasília, DF. 100 p. Disponível em: <http://www.internationalrivers.org/node/7525>
- [13] 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).

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

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

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: 10 – Emissões a jusante

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: 6 – Um exemplo concreto

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