

As emissões das hidrelétricas e o Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa

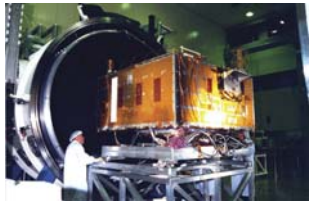
São Paulo, 13 de agosto de 2009

Mauro Meirelles O. Santos
Ministério da Ciência e Tecnologia
Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima



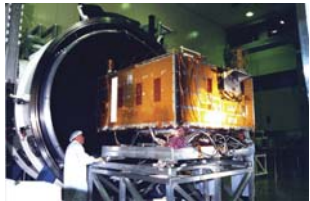
Roteiro

- O Primeiro Inventário Nacional
 - Organização
 - Resultados
- Emissões dos reservatórios das hidrelétricas
 - Primeiras pesquisas / resultados
 - Enfoques do IPCC e da UNFCCC
 - Incertezas
- A Segunda Comunicação Nacional
 - Organização
 - Perspectivas



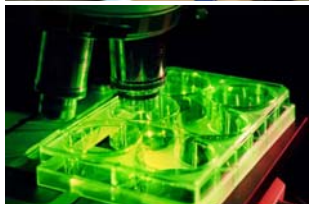
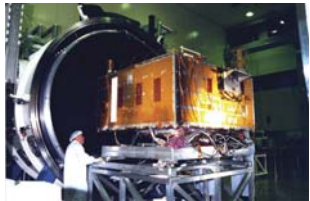
Convenção Quadro da ONU sobre Mudança do Clima

- Compromisso (todos os países):
 - Elaborar, atualizar periodicamente, publicar e pôr à disposição da Conferência das Partes inventários nacionais por fontes e das remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, empregando metodologias comparáveis



Convenção Quadro da ONU sobre Mudança do Clima

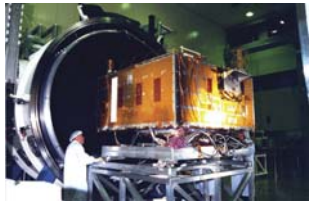
- **Países** listados no **Anexo I** da Convenção (países industrializados):
 - **Inventários Anuais**
- **Países não** listados no **Anexo I** (países em desenvolvimento)
 - **Inventários periódicos como parte de suas Comunicações Nacionais à Convenção**



Diretrizes de Inventário

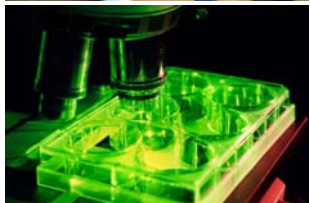
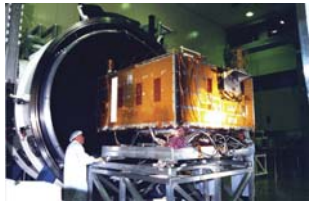
Países não-Anexo I

- Primeira Comunicação Nacional
 - **Diretriz: Inventário para 1990 ou 1994**
 - Comunicação brasileira submetida em 10 de dezembro de 2004
 - **Inventário Brasileiro: 1990 a 1994**
- Segunda Comunicação Nacional
 - **Diretriz: Inventário para o ano 2000**
 - **Inventário Brasileiro: 1990 a 2000 (→ 2005)**



Diretrizes de Inventário

- Gases de efeito estufa :
 - Dióxido de Carbono – CO_2
 - Metano – CH_4
 - Óxido Nitroso – N_2O
 - Hexafluoreto de Enxofre – SF_6
 - Hidrofluorcarbonos – HFCs
 - Perfluorcarbonos – PFCs
- Gases de efeito estufa indireto:
 - CO , NO_x , NMVOC



Diretrizes de Inventário

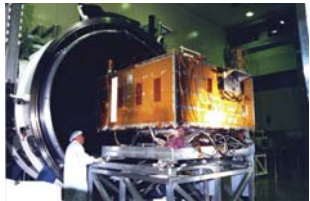
- Setores:

- Energia

- Queima de combustíveis (CO_2 CH_4 N_2O)
 - Emissões fugitivas na indústria de carvão mineral e petróleo (CO_2 CH_4)

- Processos industriais

- Indústria de produtos minerais (CO_2)
 - Indústria química (CO_2 N_2O)
 - Indústria metalúrgica (CO_2 PFCs)
 - Produção e utilização de HFCs e SF_6
 - Refrigeração, espumas, equipamento elétrico



Diretrizes de Inventário

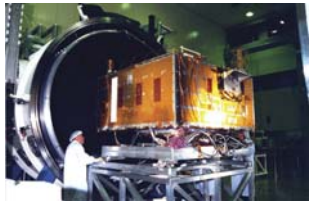
- Setores :

- Agropecuária

- Fermentação entérica (CH_4)
 - Manejo de dejetos animais (CH_4 N_2O)
 - Cultivo de Arroz (CH_4)
 - Queima de resíduos agrícolas (CH_4 N_2O)
 - Solos agrícolas (N_2O)

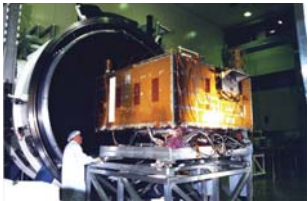
- Mudança no uso da terra e florestas

- Conversão de florestas (CO_2 CH_4 N_2O)
 - Abandono de terras manejadas (CO_2)
 - Mudança de carbono de solos (CO_2)
 - Reservatórios (CO_2 CH_4)



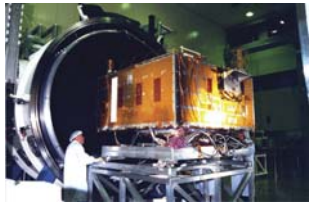
Diretrizes de Inventário

- Setores :
 - **Tratamento de resíduos**
 - Disposição de resíduos sólidos (CH_4)
 - Tratamento de esgotos ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$)



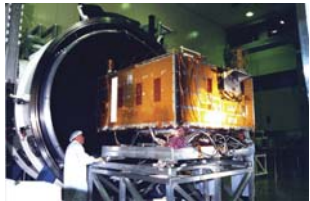
Diretrizes de Inventário

- Metodologia:
 - Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC)
 - WG1 , WG2, WG3
 - **Força Tarefa em Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa**
 - Co-presidida pela Dra. Thelma Krug
 - Diretrizes publicadas:
 - Diretrizes de inventário de 1995
 - Diretrizes revisadas de 1996
 - Guia de Boas Práticas para inventário de 2000
 - Guia de Boas Práticas para inventário de mudança de uso da terra e florestas de 2003
 - Diretriz de inventário de 2006 (participação de especialistas brasileiros)



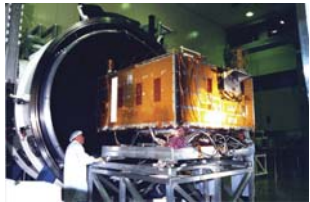
Primeiro Inventário Nacional

- Organização
 - 150 Instituições
 - 700 Especialistas
- Coordenações Setoriais
- Coordenação geral: CGMGC/MCT
- Procedimentos de Controle e Garantia de Qualidade
 - Verificação de adequação à metodologia
 - Revisão por especialistas não envolvidos na elaboração
 - Seminários de divulgação preliminar

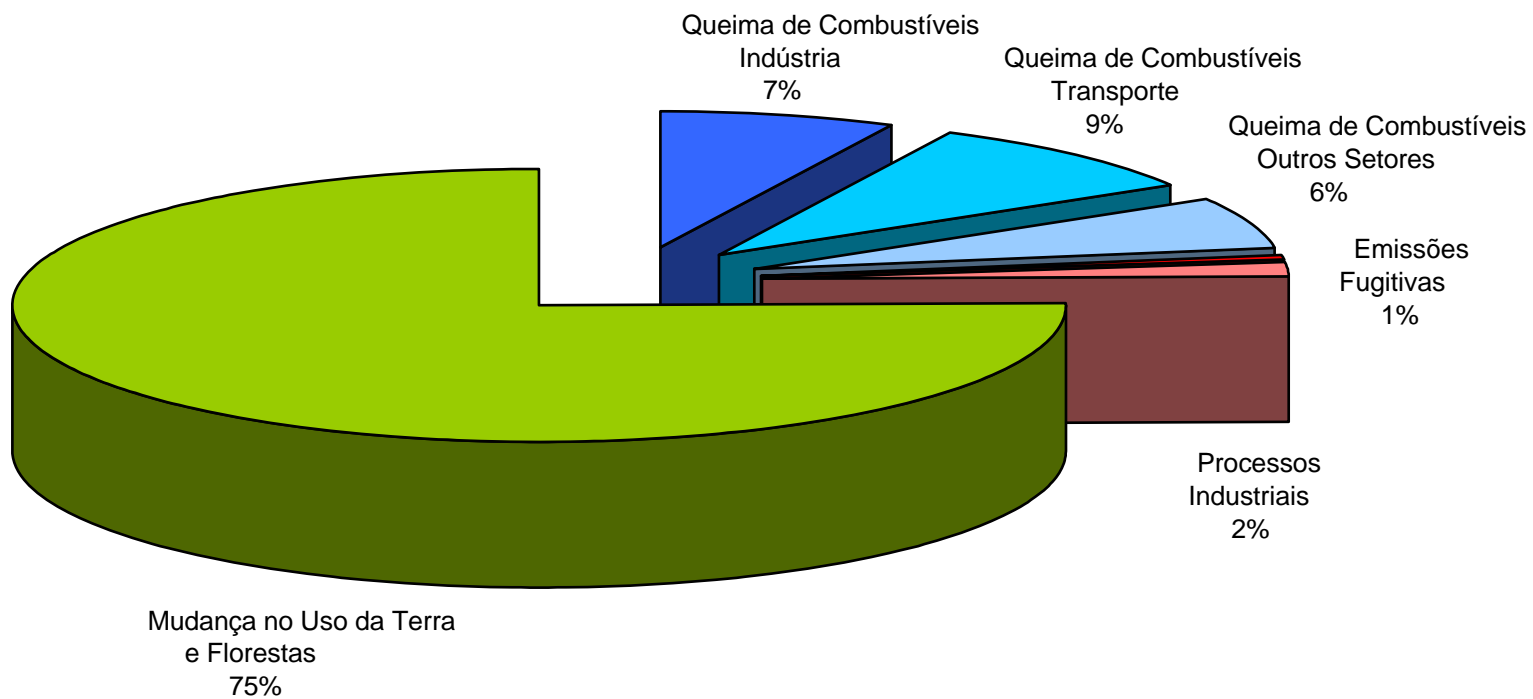


Primeiro Inventário Nacional

- Instituições:
 - COPPE/UFRJ (Energia/Reservatórios)
 - Embrapa (Agropecuária)
 - Funcate/INPE (Uso da Terra e Florestas)
 - Cetesb (Lixo e Esgoto)

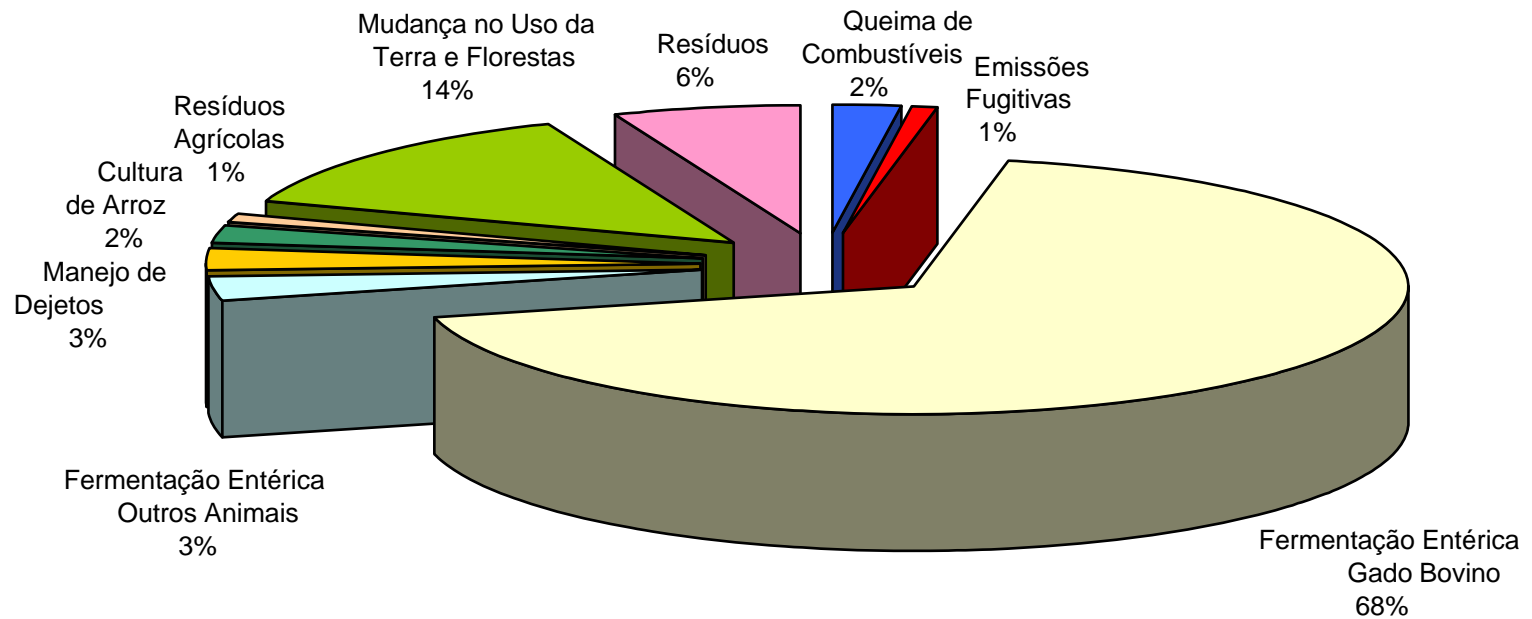


Emissões de CO₂ - 1994



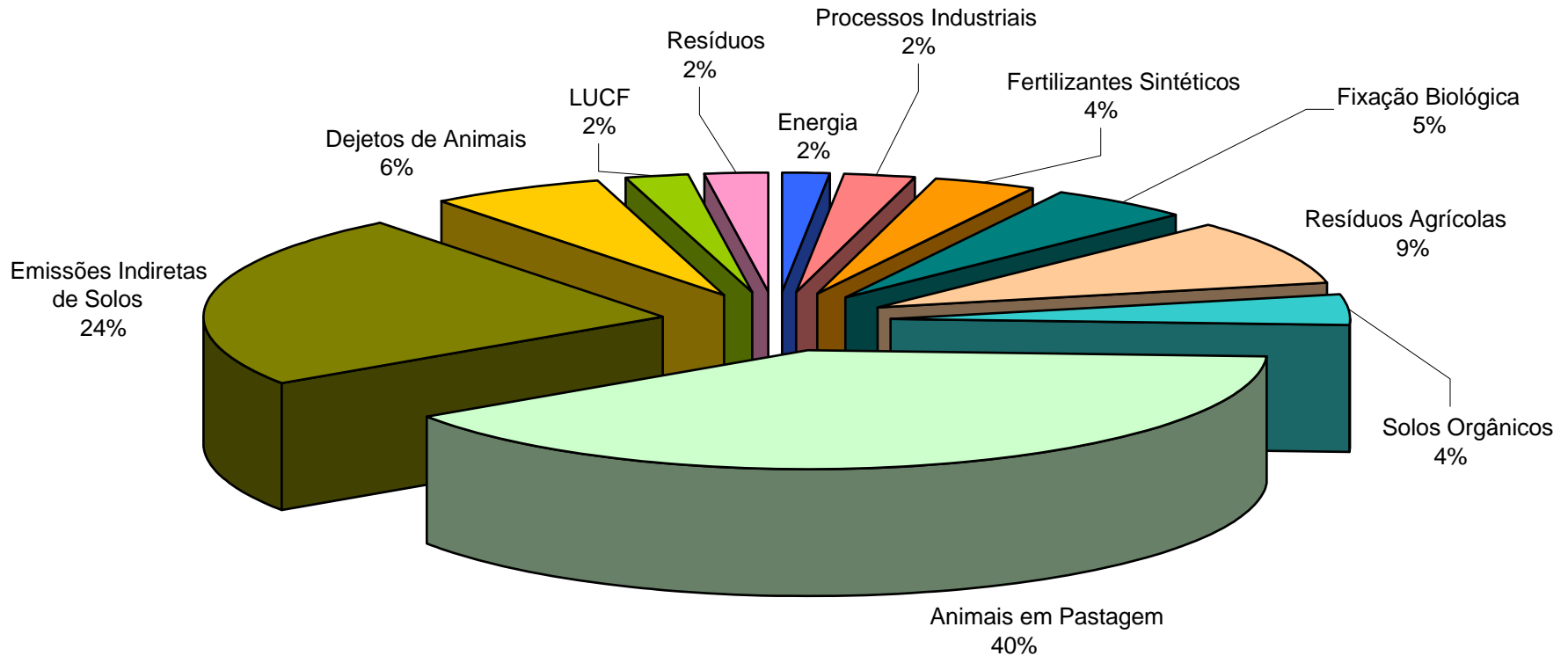
Total: 1.030.706 Gg

Emissões de CH₄ - 1994



Total: 13.173 Gg

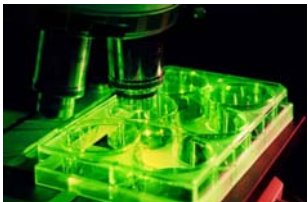
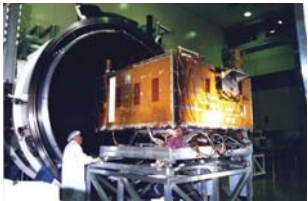
Emissões de N₂O - 1994



Total: 550 Gg

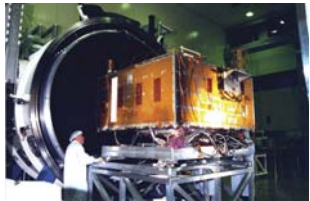
Outros gases de efeito estufa

- HFC-23: 157 t
- HFC-134a: 125 t
- CF_4 : 345 t
- C_2F_6 : 35 t
- SF_6 : 1,8 t



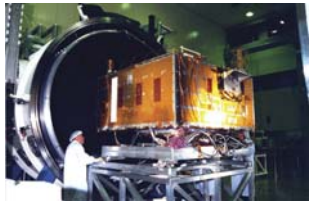
Emissões de CO₂ e CH₄ pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros

- Brasil e Canadá pioneiros na investigação sobre emissões de reservatórios
- Estudos da COPPE/UFRJ para a Eletrobrás em 1992-1993, para FURNAS em 1997-1998 (Serra da Mesa) e para Itaipu Binacional em 1998-1999.
- Em 1997, experimento conjunto da COPPE/UFRJ e da USP - São Carlos com o grupo da Universidade de Quebec na barragem de Curuá-Una, com ajuda também da UFPa e o apoio do CNPq/MCT.
- Entre 2000, novos estudos da COPPE/UFRJ em colaboração com a USP – São Carlos, avaliaram os reservatórios de Miranda, Barra Bonita, Segredo, Três Marias, Xingó, Samuel e Tucuruí.
- Medições dos processos de **difusão e ebulição**.

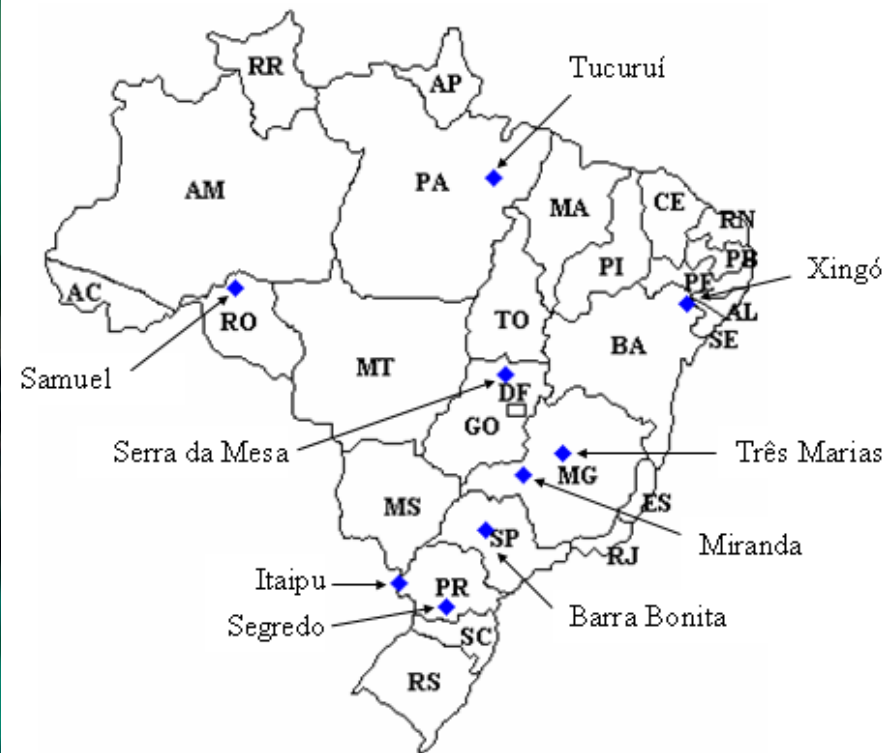


Emissões de CO_2 e CH_4 pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros

- As estimativas de CO_2 provenientes da biomassa alagada em reservatório já estão incluídas no **Inventário Nacional**, dentro da estimativa de emissões de emissões de CO_2 por **conversão de florestas** e não podem ser incluídas novamente, como emissões de hidrelétricas.
- As diretrizes utilizadas para o inventário não contemplam o metano dos reservatórios de hidrelétricas. Como os estudos realizados não são conclusivos, os valores apresentados para as **emissões de CH_4** incluídos na CN **não foram incluídos no Inventário Nacional**.



Emissões de CO₂ e CH₄ pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros – Relatório de Referência



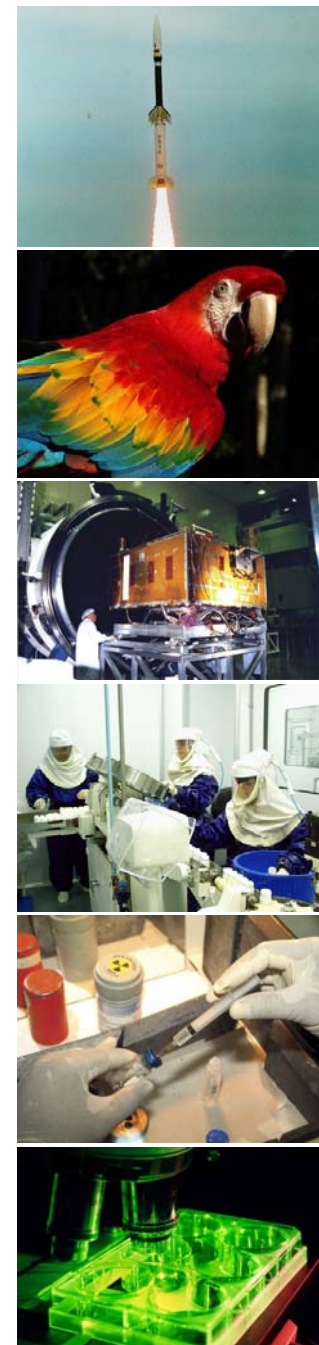
Reservatórios estudados

Tabela 3.5.12 - Sinopse da caracterização dos reservatórios hidrelétricos estudados e referenciados

Usina	Latitude	Bioma	Potência	Área do reservatório	Densidade de potência
			(MW)	(km ²)	(W/m ²)
Miranda	18°55' S	Cerrado	390	51	7,71
Três Marias	18°13' S	Cerrado	396	1.040	0,38
Barra Bonita	22°31' S	Mata Atlântica	141	312	0,45
Segredo	25°47' S	Mata Atlântica	1.260	82	15,37
Xingó	9°37' S	Caatinga	3.000	60	50,00
Samuel	8°45' S	Amazônia	216	559	0,39
Tucuruí	3°45' S	Amazônia	4.240	2.430	1,74
Serra da Mesa*	13°50' S	Cerrado	1.275	1.784	0,71
Itaipu*	25°26' S	Mata Atlântica	12.600	1.549	8,13

* Reservatórios estudados em campanhas paralelas às deste trabalho.

FONTE: ANEEL, 2000.



Emissões de metano dos reservatórios estudados

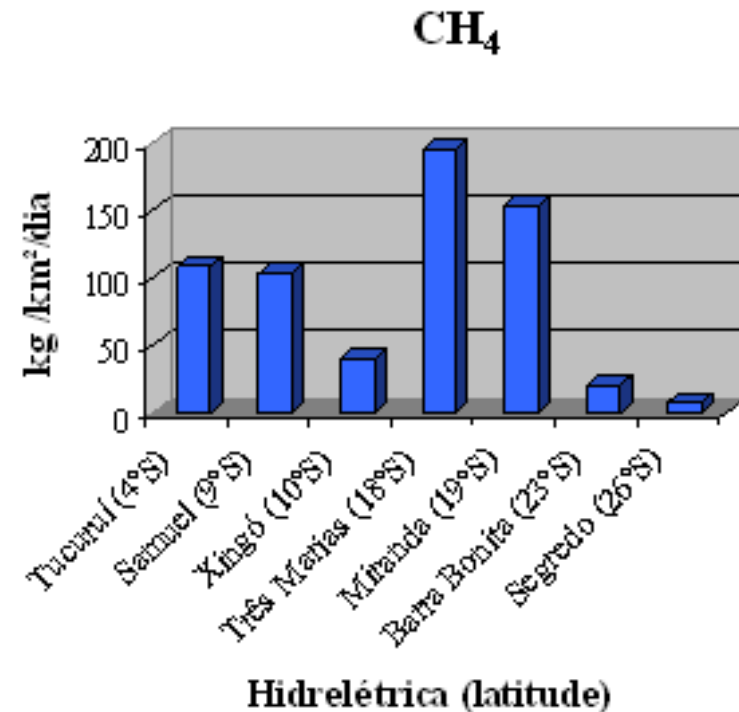
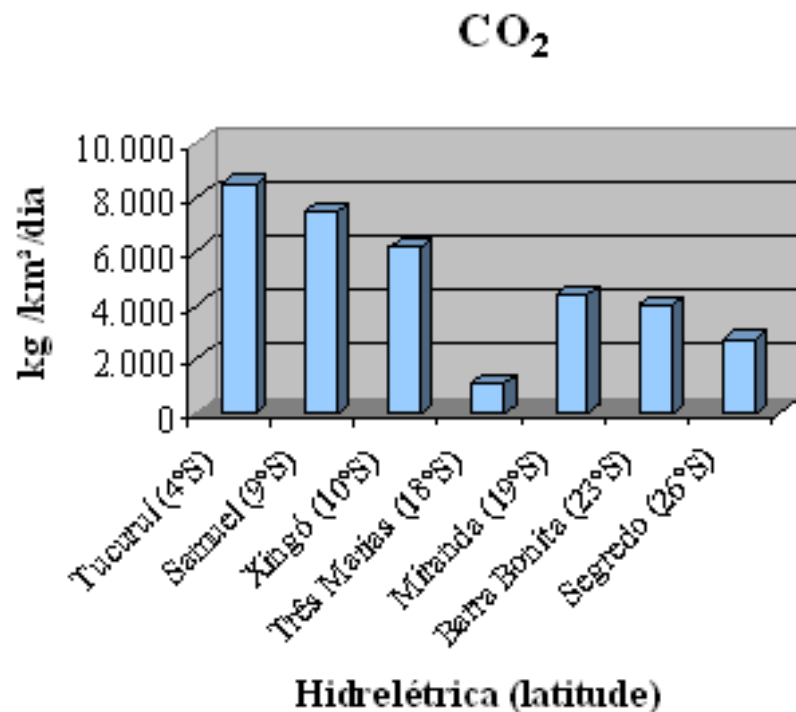
Tabela 3.5.13 - Resumo das emissões de metano dos reservatórios hidrelétricos estudados e referenciados

Hidrelétrica	Ebulição	Difusão	Total
	kg CH ₄ /km ² /dia		
Miranda	23,8	130,3	154,1
Três Marias	164,5	31,8	196,3
Barra Bonita	3,9	17,0	20,9
Segredo	1,8	7,0	8,8
Xingó	10,8	29,3	40,1
Samuel	16,5	87,6	104,1
Tucuruí	7,8	101,6	109,4
Serra da Mesa*			51,1
Itaipu*			20,8

* Valores medidos em outros estudos.



Emissões de CO₂ e CH₄ dos reservatórios das hidrelétricas estudadas, por km²/dia



Comparação com termelétricas equivalentes, utilizando-se os valores estimadas de CO₂ e CH₄

Hidrelétrica	Área	Potência / Área	Índice de Emissão de CH ₄	Índice de Emissão de CO ₂	Emissão das hidrelétricas	Carvão	Óleo	Diesel	Gás ciclo simples	Gás ciclo combinado
	km ²	MW/km ²	kg/km ² /dia	kg/km ² /dia	t C/ano					
Tucuruí	2.430,0	1,74	109,4	8.475	2.602.945	1,79	1,81	1,73	1,66	1,00
Samuel	559,0	0,39	104,0	7.448	535.407	0,44	0,45	0,43	0,41	0,25
Xingó	60,0	50,00	40,1	6.138	41.668	79,16	79,85	76,44	73,53	44,12
Serra da Mesa	1.784,0	0,71	51,1	3.973	895.373	1,57	1,58	1,51	1,45	0,87
Três Marias	1.040,0	0,38	196,3	1.117	540.335	0,81	0,81	0,78	0,75	0,45
Miranda	50,6	7,71	154,2	4.388	38.332	11,19	11,28	10,80	10,39	6,23
Barra Bonita	312,0	0,45	20,9	3.985	137.341	1,13	1,14	1,09	1,05	0,63
Itaipu *	1.549,0	8,13	20,8	171	93.269	148,54	149,82	143,43	137,97	82,78
Segredo	82,0	15,37	8,8	2.695	23.497	58,96	59,47	56,93	54,77	32,86

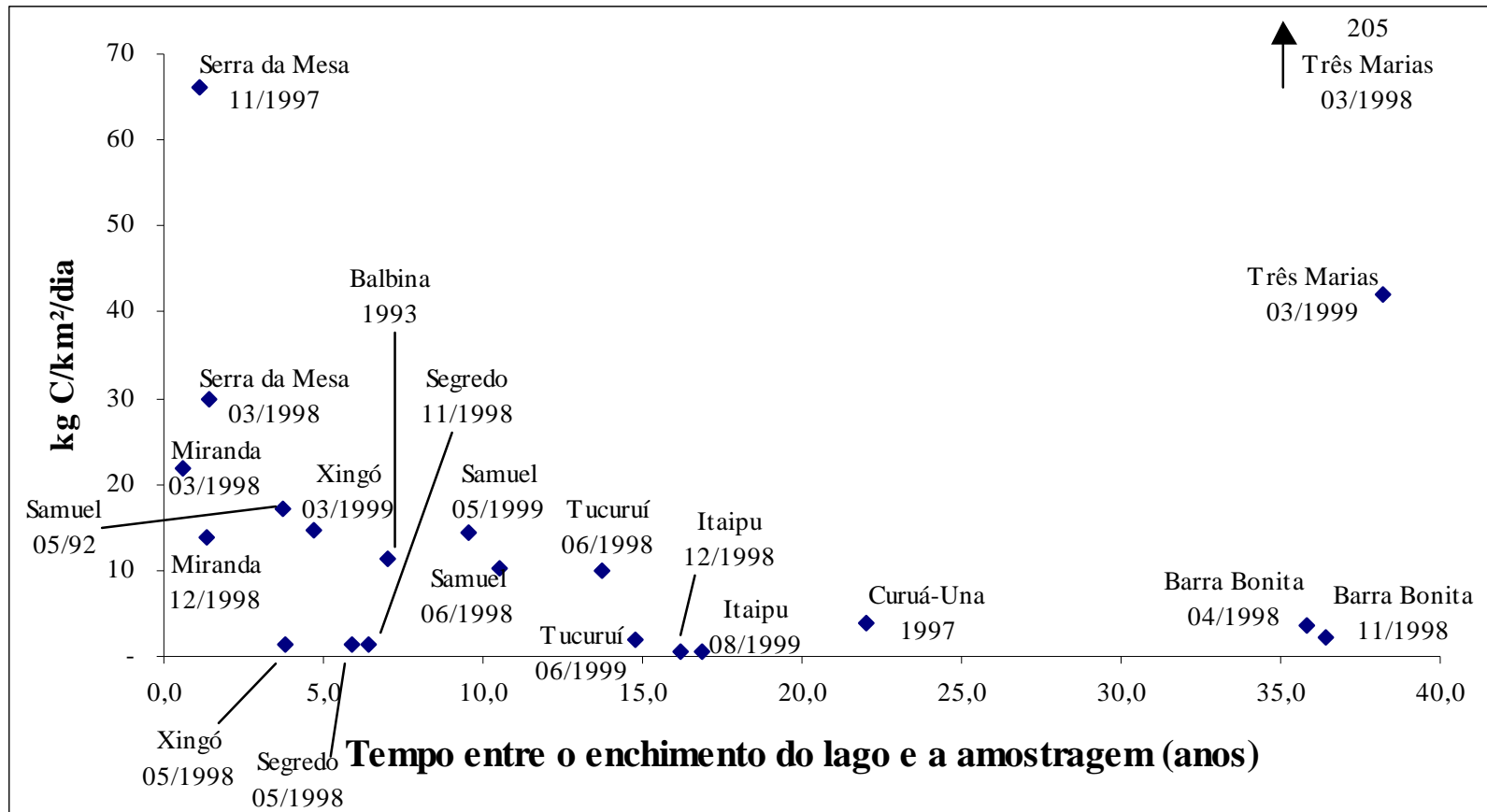
Hipóteses para as térmicas

- Funcionamento em 50% do tempo;
- Óleo combustível: 0,07596 tC / MWh
- Carvão-vapor: 0,09288 tC / MWh
- Gás natural: 0,05508 tC / MWh
- Óleo diesel: 0,07272 tC / MWh

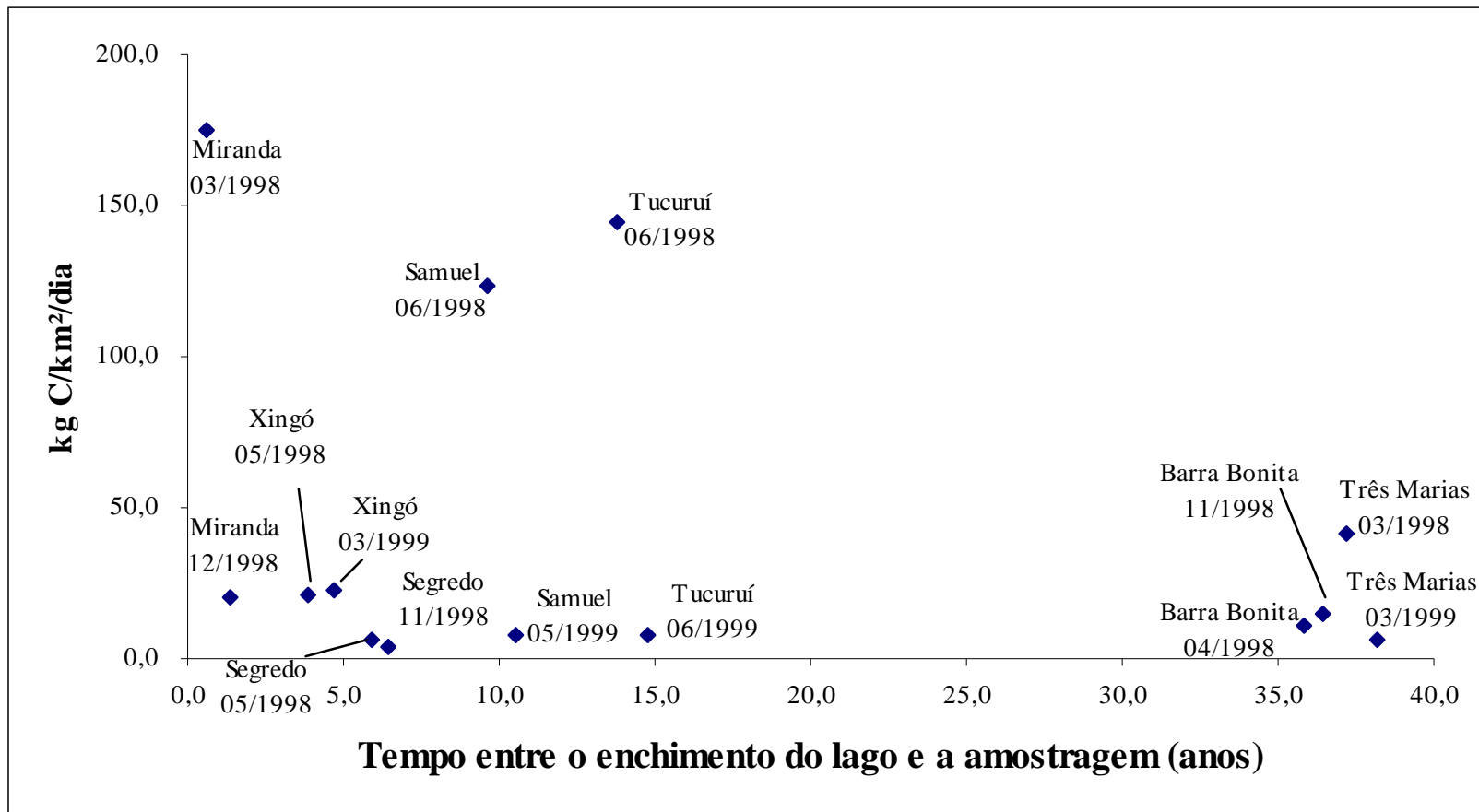
Dificuldades

- Campanhas complexas para obtenção de dados
- Estabelecimento da parte antrópica das emissões estimadas (outros aportes de matéria orgânica)
- Extrapolação para outros reservatórios (Latitude? Biomas inundados?)

Emissão média de carbono no CH₄ derivada de **bolhas** em reservatórios hidrelétricos brasileiros

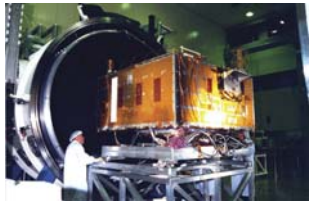


Emissão média de carbono no CH₄ derivada de **difusão** em sete reservatórios hidrelétricos brasileiros



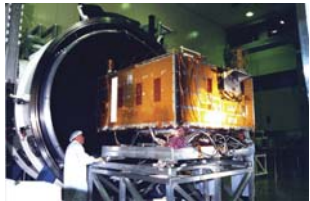
IPCC x Convenção do Clima

- IPCC – Painel Intergovernamental de Mudança do Clima
 - Preocupa-se com todas as emissões de gases, além de fenômenos gerais, como alterações no Sol, para estabelecer previsões futuras sobre o clima na Terra.
- Convenção do Clima – UNFCCC
 - Preocupa-se com as emissões **antrópicas**, ou seja, **causadas pelo homem**, de gases de efeito estufa.



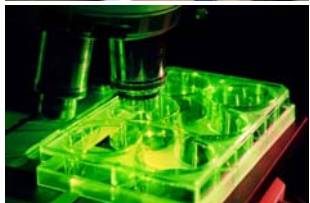
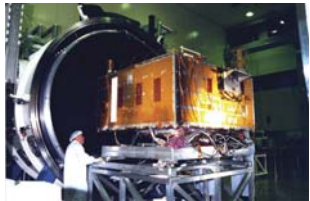
O que é antrópico?

- A definição de “antrópico” não é clara.
- Para atividades de uso da terra (LUCF – LULUCF e/ou AFOLU) o termo também não é preciso.
- As Diretrizes do IPCC usam o termo “**managed land**”, que pode ser traduzido como **terra manejada / controlada / administrada**, como uma proxy para se chegar às emissões antrópicas.
 - Implicitamente nas Diretrizes Revisadas do IPCC-1996 e explicitamente nos documentos mais recentes).

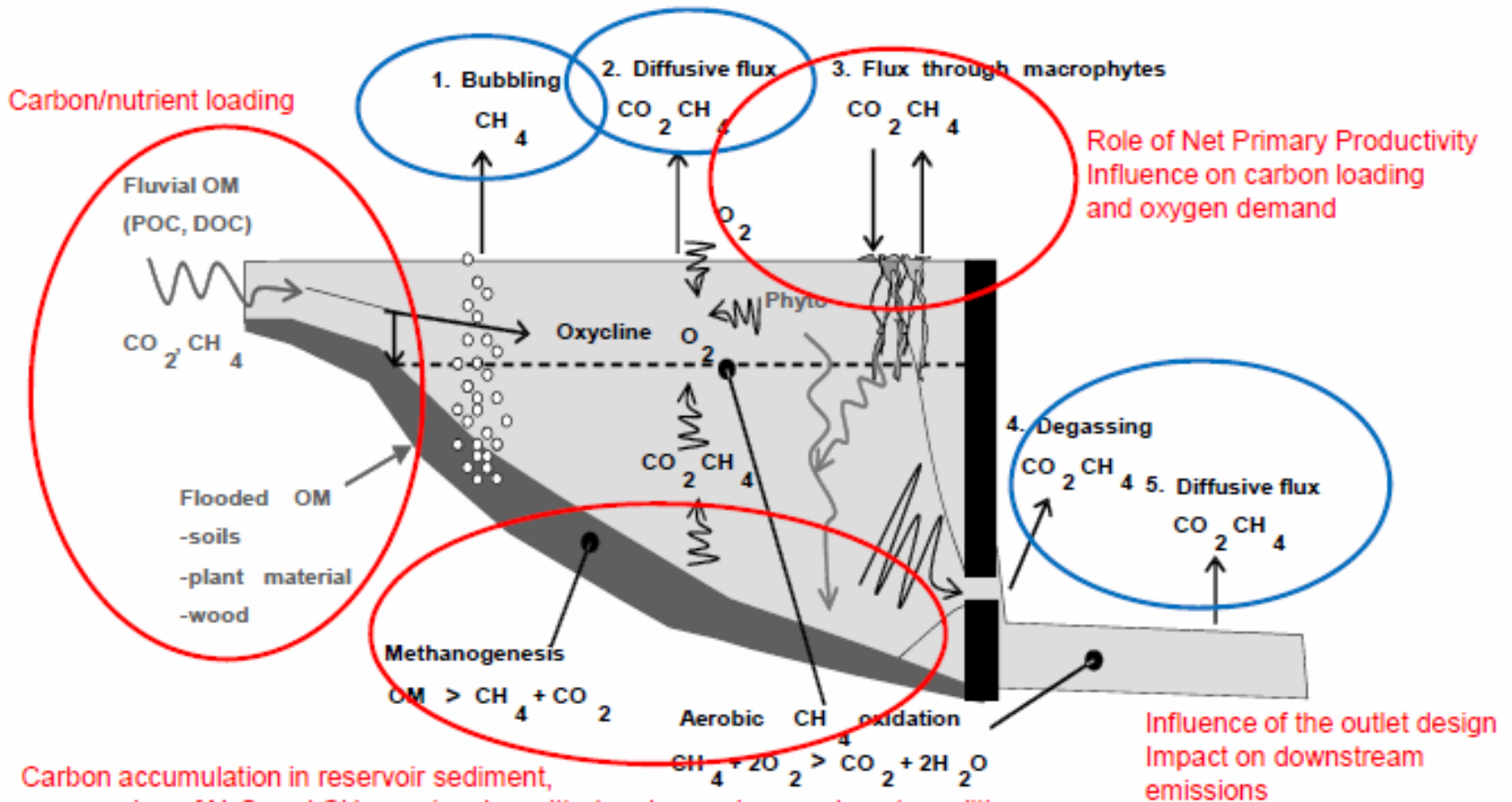


Terra Manejada

- *“Terra onde as práticas e intervenções humanas foram aplicadas com finalidades sociais, ecológicas e agrícolas*
 - Muito ampla e flexível
- Todas as definições e classificações de terras deveriam ser especificadas a nível nacional, descritas de maneira transparente e aplicadas consistentemente no tempo.
 - Interpretações diversas em vários países
- Emissões / remoções de gases de efeito estufa não precisam ser reportadas para terras não manejadas e todas em terras manejadas deveriam ser reportadas como antrópicas.
 - Essa definição não satisfaz, pois há emissões/remoções antrópicas em terras não manejadas (p.e., focos de incêndio) e permitiria contabilizar como antrópicas as remoções em parque nacionais e terras indígenas (terras manejadas?)



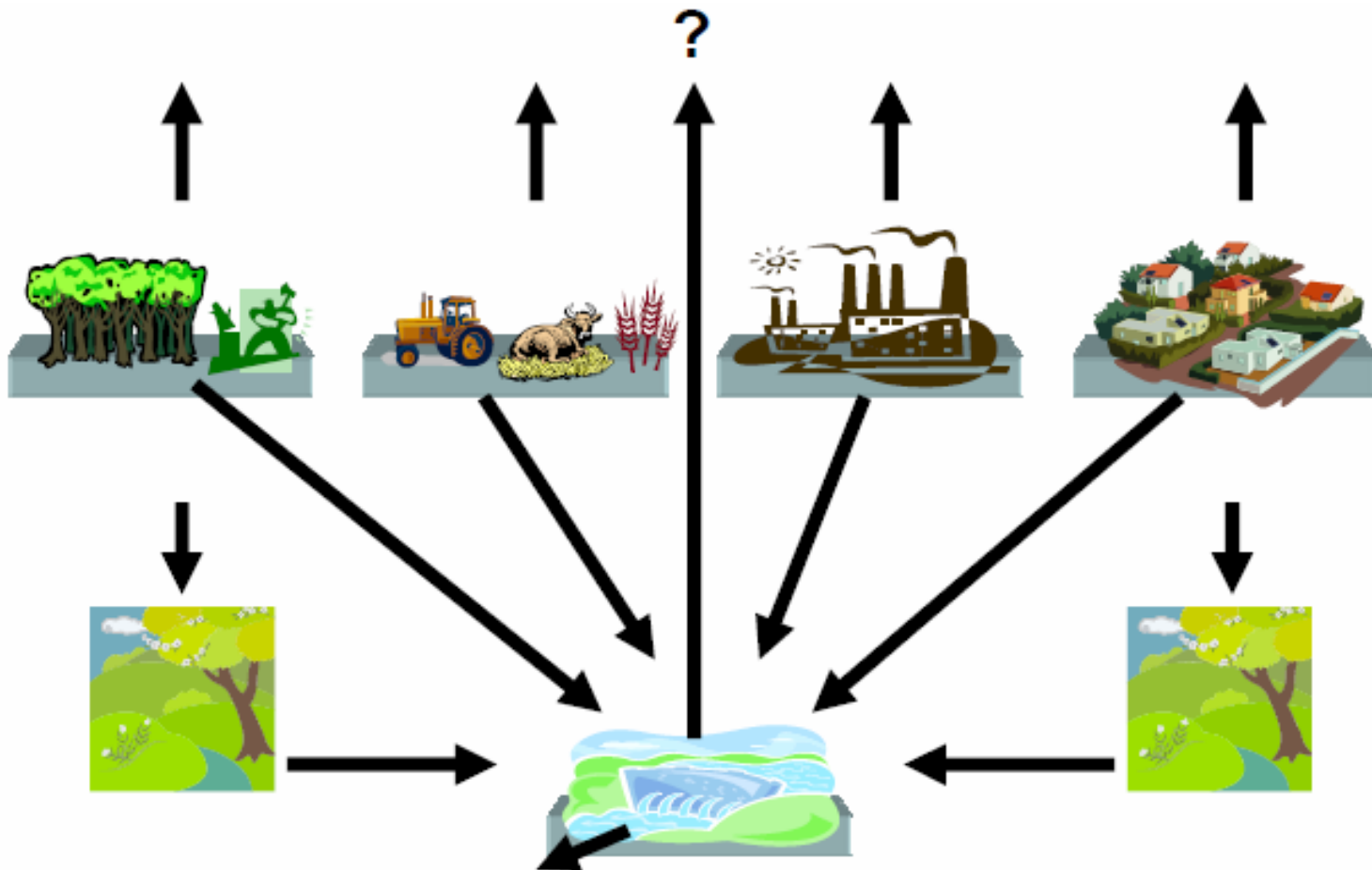
Reservatórios – lacunas do conhecimento



Carbon accumulation in reservoir sediment, suppression of N_2O and CH_4 previously emitted under pre-impoundment conditions, balance of CO_2 emissions pre- and post-impoundment

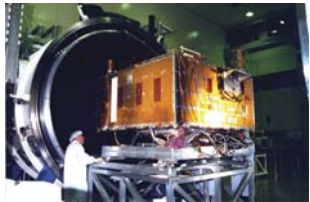
Reservatórios – lacunas do conhecimento

Estimando a carga na bacia para evitar “dupla contagem”
(subtraindo as emissões de processos naturais e outras não relacionadas a atividades humanas)



Conceito de emissões líquidas

- Mudança nas emissões de GEE causadas pela criação de um reservatório.
- Obtida pela diferença entre as emissões antes e depois da construção da represa na porção da bacia fluvial influenciada pelo reservatório.
- Conseqüentemente, para quantificar a mudança líquida das trocas de GEE numa bacia fluvial causada pela criação de um reservatório é **necessário considerar as trocas em toda a bacia fluvial, antes e depois da construção do reservatório.**



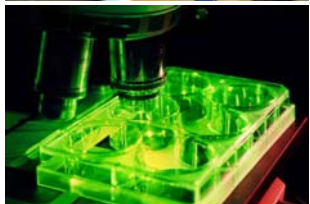
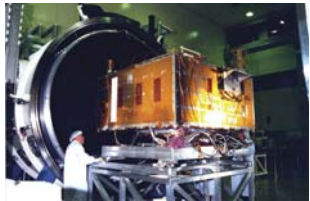
Emissões de CO₂ e CH₄ pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros

- **Incertezas:**

- A biomassa que vem a montante do reservatório é incerta e geraria emissões normalmente (por exemplo, em **Três Marias**, onde se acredita que a relativamente grande emissão de metano é devida ao esgoto da região metropolitana de Belo Horizonte, sendo que as emissões de esgoto já são normalmente contabilizadas);
- A nova biomassa presente no reservatório, devido a peixes e algas, também geraria emissões naturais;
- Dificuldades de se separar a parte natural da parte antrópicas das emissões.

- **Conclusões sobre as emissões:**

- Dependentes da temperatura
- Dependentes da vegetação prévia inundada
- Necessidade de maiores estudos



Segunda Comunicação Nacional

- Prazo: dezembro de 2009 (→ 2010).

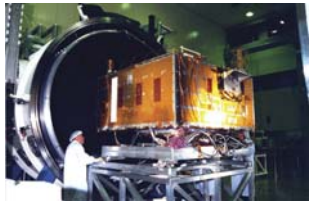
Inventário Nacional

- Metodologia determinada pelas Diretrizes Revisadas do IPCC-1996, encorajando-se o uso do Guia de Boas Práticas do IPCC-2000.
- As Diretrizes do IPCC-2006 ainda não foram incorporadas pela Convenção do Clima e seu uso é opcional.
 - Utilização de metodologias mais detalhadas ou de fatores de emissão mais adequados às circunstâncias nacionais, para os setores mais relevantes no inventário brasileiro (por exemplo, Setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas, Setor Agropecuário).
 - Diretrizes sobre emissões de reservatórios estão no anexo do documento e, portanto, **ainda não seria obrigatório reportá-las.**



Trabalhos Internacionais

- **IHA – International Hydropower Association, em conjunto com UNESCO-IHP (International Hydrological Programme)**
 - Trabalhando em seleção de locais para reservatórios e banco de dados para medição de gases de efeito estufa
 - Programa de pesquisa que pretende ser referência nesse assunto.
 - Ainda não há consenso sobre a especificação de metodologias para aquisição de dados
 - Até agora, os encontros havidos evidenciam a idéia de que há ainda um caminho a ser percorrido até se chegar a procedimentos padrões para se avaliar a correta responsabilidade dos reservatórios das hidrelétricas relativamente às emissões.
- **IPCC – Painel Intergovernamental de Mudança do Clima**
 - Special Report “Renewable Energy Sources And Climate Change Mitigation”, em andamento



www.mct.gov.br/clima



Ciência e Tecnologia
Ministério da Ciência e Tecnologia

Destaques do governo

C A- A+ A A A

campo de busca **buscar** [busca avançada](#) [Mapa do Site](#)

O MCT Indicadores Legislação Fontes de Financiamento Unidades Ouvidoria

Mudanças Climáticas

Temas +

- 16.1 Programa Nacional de Mudanças Climáticas
 - >> Chamadas Públicas
 - >> Principais Resultados
 - >> Notícias
 - >> Agenda de Eventos
 - >> Fale conosco
 - ☒ Mudanças Climáticas
 - >> Ciência da Mudança do Clima

voltar para → [Página Inicial](#) → [Ações de C,T&I](#) → [III-Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Áreas Estratégicas](#)
→ [16. Meteorologia e Mudanças Climáticas](#)



16.1 Programa Nacional de Mudanças Climáticas

Destaques Notícias Programa

Seleção de Consultores
Novos Processos Abertos

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | [anterior](#) | [pausar](#) | [próximo](#)

Pela atenção,
Muito obrigado!

mmeirelles@mct.gov.br

Tel: 21 2555-0306