

Documentos

ISSN 1516-4691
Junho, 2016

103

Estimativa de Emissão de Metano Proveniente da Cultura de Arroz Inundado no Estado de São Paulo: Aplicação do Método do IPCC de 2006



ISSN 1516-4691

Junho, 2016

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 103

Estimativa de Emissão de Metano Proveniente da Cultura de Arroz Inundado no Estado de São Paulo: Aplicação do Método do IPCC de 2006

Magda Aparecida de Lima
Omar Vieira Villela

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2016

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP-340, Km 127,5, Tanquinho Velho
Caixa Postal 69, CEP: 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: + 55 (19) 3311-2700
Fax: + 55 (19) 3311-2640
<https://www.embrapa.br/meio-ambiente/>
SAC: <https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Maria Isabel de Oliveira Penteado*
Secretária-Executiva: *Cristina Tiemi Shoyama*
Membros: *Rodrigo Mendes, Elisabeth Francisconi Fay, Nilce Chaves Gattaz, Joel Leandro de Queiroga, Victor Paulo Marques Simão, Daniel Terao (suplente), Lauro Charlet Pereira (suplente) e Maria Lúcia Zuccari (suplente).*
Revisor de texto: *Nilce Chaves Gattaz*
Normalização bibliográfica: *Maria de Cléofas Faggion Alencar*
Foto capa: *Magda Aparecida de Lima*
Editoração eletrônica: *Silvana Cristina Teixeira*
Tratamento de ilustrações: *Silvana Cristina Teixeira*

1ª edição eletrônica (2016)

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio Ambiente**

Lima, Magda Aparecida de.

Estimativa de emissão de metano proveniente da cultura de arroz inundado no Estado de São Paulo: aplicação do método do IPCC de 2006 / Magda Aparecida de Lima; Omar Vieira Villela. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016.

35 p. (Documentos / Embrapa Meio Ambiente, ISSN 1516-4691 ; 103).

1. Arroz inundado. 2. Emissão de metano. 3. IPCC. I. Villela, Omar Vieira. II. Título. III. Série.

CDD 633.1

© Embrapa 2016

Autores

Magda Aparecida de Lima

Ecóloga, doutora em Geociências e Meio Ambiente,
Pesquisadora A, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340,
km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, CEP
13.820-000, Jaguariúna, SP.
magda.lima@embrapa.br

Omar Vieira Villela

Engenheiro Agrônomo, mestre em Fitotecnia e
Exploração Vegetal, Pesquisador, APTA, Caixa Postal
32, CEP 12.411-010, Pindamonhangaba, SP.
omarv.villela@gmail.com

Sumário

Apresentação	6
Resumo	7
Abstract.....	7
Introdução.....	8
O método IPCC 2006	10
Fatores de escala utilizados para a estimativa de emissão de CH ₄ em cultivo de arroz irrigado	12
Sistemas de cultivo de arroz no Estado de São Paulo.....	13
Estimativas de emissão de CH ₄ por áreas de arroz inundado	20
Considerações finais	23
Referências	31

Apresentação

A Embrapa Meio Ambiente elaborou o relatório de Referência do Setor de Agropecuária, como parte integrante do 1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeitos Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo, coordenado pelo Programa Estadual de Mudanças Climáticas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - PROCLIMA/CETESB com o apoio da Embaixada Britânica do Brasil. O relatório apresenta estimativas de emissão com base nos métodos de 1996 e 2000 do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) para os temas: cultivo de arroz irrigado por inundação, pecuária, solos agrícolas e queima de resíduos agrícolas.

Como forma de atualizar as informações do inventário segundo a mais recente metodologia publicada pelo IPCC, o presente documento apresenta estimativas anuais de emissão de metano proveniente do cultivo de arroz inundado no Estado de São Paulo, para o período de 1990 a 2009, por município e macro-região.

Este estudo poderá servir de referência para inventários estaduais de estimativas de emissão de gases de efeito estufa.

Marcelo Augusto Boechat Morandi
Chefe-Geral da Embrapa Meio Ambiente

Resumo

Estimativas da emissão de metano em sistemas de cultivo de arroz sob condições de manejo de inundação foram realizadas para o Estado de São Paulo, no período de 1992 a 2009, utilizando os Documentos Orientadores (*Guidelines*) sobre a Elaboração de Inventários de Emissão de Gases de Efeito Estufa do IPCC de 2006. Os resultados mostram emissões totais 45% inferiores às obtidas no Inventário Estadual de Emissão de Gases de Efeito Estufa, o qual se baseou em método anterior do IPCC 1996 para o período de 1990 a 2008. Em 2000, o total de emissão de metano pelo cultivo de arroz no Estado de São Paulo foi estimado em 2,72 Gg, sendo 98% provenientes de sistemas irrigados por inundação e 2% de sistemas de várzea. Até 2008, as emissões de metano foram reduzidas a 2,11 Gg.

Abstract

Estimates of methane emission from flooded rice crops were performed to São Paulo State for the period of 1992 to 2009, by using 2006 IPCC Guidelines. The total assessed methane emissions were 45% lower than those obtained for the São Paulo State Greenhouse Gas Emission Inventory, which was based on previous method of IPCC 1996. In 2000, the total methane emission was estimated at 2.72 Gg, being 98% originated from flooded rice systems and 2% from rainfed crops. By the year of 2008 methane emissions were reduced to 2.11 Gg.

Estimativa de Emissão de Metano Proveniente da Cultura de Arroz Inundado no Estado de São Paulo: Aplicação do Método do IPCC de 2006

Magda Aparecida de Lima

Omar Vieira Villela

Introdução

O Brasil, como um dos signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC), tem elaborado inventários de emissão de gases de efeito estufa (GEE) periodicamente (Brasil, 2004, 2010). Além destes, observam-se iniciativas de elaboração de inventários ao nível estadual, como no caso do Estado de São Paulo (CETESB, 2011), Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2008), Paraná (Governo do Estado do Paraná, 2016), Acre (INVENTÁRIO, 2012), Amazonas (AMAZONAS, 2010). Bahia (BAHIA, 2010), Rio de Janeiro (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2007), Rio Grande do Sul (FEPAM, 2010) e Espírito Santo (Lorena et al., 2013).

O Governo do Estado de São Paulo, por meio da Lei no. 13.798 de 09 de novembro de 2009 (SÃO PAULO, 2015), instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), regulamentada pelo Decreto no. 55.947 de 24 de junho de 2010 (SÃO PAULO, 2015). As diretrizes para a elaboração, atualização periódica e publicação de inventários de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros dos GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, estão definidas no Artigo 6º dessa lei.

Em 2006, o Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC) disponibilizou novas orientações para a elaboração de inventários de emissão de gases de efeito estufa (IPCC, 2006), sendo que em vários setores de atividades existem diferenças importantes em relação aos métodos anteriores. O método mais recente que trata das estimativas de emissão de metano (CH_4) pelo cultivo de arroz irrigado por inundação (IPCC, 2006) possui detalhes diferenciados em relação ao método recomendado pelo Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 1996), levando em conta características adicionais do cultivo, um fator de emissão expresso por dia e não sazonal, entre outros aspectos.

O cultivo de arroz irrigado por inundação constitui uma das fontes antrópicas de metano, o segundo composto de carbono mais abundante na atmosfera depois do CO_2 , com um potencial de aquecimento global 28 vezes maior que o do CO_2 para um horizonte de 100 anos (Myhre et al. 2013). A decomposição anaeróbia de material orgânico em campos de arroz inundado produz metano, que escapa para a atmosfera principalmente através de transporte mediado por plantas de arroz (IPCC, 2006). O arroz é uma planta semiaquática provida de aerênquima, tecido vascular que favorece a troca de gases entre as raízes e os tecidos acima da superfície da água, permitindo o transporte de O_2 atmosférico para as raízes, e de outros gases, como o CH_4 produzido no solo anaeróbico para a atmosfera (Neue, 1993).

O Estado de São Paulo é um tradicional produtor de arroz, embora não esteja entre os maiores produtores do país, apresentando em 1990 uma área total aproximada de 219.046 hectares de arroz (IEA, 2015). Em 2000 esta área foi reduzida a 52.777 hectares e em 2014 a 13.986,6 hectares. Esta redução deveu-se a vários fatores, entre os quais a oferta de arroz por outros estados mais competitivos, bem como a limitações relacionadas à legislação ambiental, com proibição de uso de áreas de preservação permanente (várzeas). É no Vale do Paraíba que se concentra a grande parte da produção de arroz cultivado por inundação no estado.

As variedades mais cultivadas são da Epagri (EP 109, EP 106, EP 114 e EP 113) entre as quais a EP 109 ainda é a mais utilizada, ocupando 90% da área plantada, segundo a Coordenação de Assistência Técnica Integral - CATI (Núcleo de Produção de Sementes de Taubaté) (Cutrim et al. 2006 e informações pessoais mais recentes). A Epagri 109 é uma variedade de ciclo longo (142 dias), atingindo uma altura de 101 cm de altura, e suscetível a baixas temperaturas (Vieira et al. 2007).

Este trabalho objetiva apresentar resultados de estimativas de emissão de metano realizadas para o Estado de São Paulo, seguindo o “método do IPCC de 2006” (IPCC, 2006), além das Guias de Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas em Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2000), de modo a verificar o impacto do uso deste método nas estimativas de emissão de GEEs, em relação aos resultados oficialmente apresentados no 1º. Inventário Estadual de Emissão de Gases de Efeito Estufa.

O Método IPCC 2006

A estimativa da emissão de CH_4 pelo método do IPCC de 2006 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006) apresenta várias mudanças em relação ao método de 1996, a saber: (i) revisão dos fatores de emissão e de escala derivados de uma análise atualizada de dados disponíveis, (ii) utilização de fatores de emissão diários – ao invés de sazonal – para permitir maior flexibilidade na separação da estação de cultivo e períodos improdutivos (pousio), (iii) novos fatores de escala para regimes de água pré-cultivo e de incorporação da palha, e (iv) inclusão da abordagem do Tier 3 em consonância com os princípios gerais das orientações revisadas de 2006. O método revisado também mantém separado o cálculo da emissão de N_2O para o cultivo de arroz que é descrito no Capítulo 11 dos Documentos Orientadores do IPCC de 2006 (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006).

A equação básica para estimar a emissão de CH₄ para a cultura de arroz é a que segue:

$$\text{Equação 5.1 (IPCC, 2006)}$$
$$\text{CH}_4 \text{ arroz} = \sum_{i,j,k} (\text{FE}_{i,j,k} \cdot t_{i,j,k} \cdot A_{i,j,k} \cdot 10^{-6})$$

Onde:

CH₄ arroz = emissão anual de metano para a cultura de arroz, Gg CH₄ ano⁻¹

FE_{i,j,k} = fator de emissão diária para i, j e k condições, kg CH₄ ha⁻¹dia⁻¹

t_{i,j,k} = período de cultivo de arroz para i, j e k condições, dias

A_{i,j,k} = área colhida anual de arroz para i, j e k condições, ha ano⁻¹

i j e k = representam diferentes ecossistemas, regimes de água, tipos e quantidade de incrementos orgânicos, e outras condições em que as emissões de CH₄ para arroz podem variar.

As emissões de CH₄ são estimadas multiplicando-se o fator de emissão diária pelo período de cultivo de arroz (em dias) e áreas colhidas anuais (em hectares). Esta equação é aplicada utilizando dados específicos nacionais (por exemplo, média do período de cultivo de arroz e área colhida) e um determinado fator de emissão. Entretanto, as condições naturais e o manejo agrícola da produção de arroz podem ser altamente variáveis dentro de um país (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). Segundo o IPCC 2006 é uma boa prática considerar essa variabilidade procedendo-se à desagregação do total de área colhida de uma dada região em subunidades. Com essa abordagem desagregada, as emissões anuais totais serão iguais à soma das emissões para cada subunidade de área colhida.

As diferentes condições a serem consideradas nas estimativas estaduais incluem: 1) tipo de ecossistema de arroz, 2) alagamento padrão antes e durante o período de cultivo, e 3) tipo e quantidade de incrementos orgânicos. Outras condições, tais como tipo de solo e cultivo de arroz podem ser consideradas para desagregação se as informações sobre a relação entre estas condições e a emissão de CH₄ estiverem disponíveis (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006).

Os tipos de ecossistemas de arroz e regimes de água durante o período de cultivo a serem considerados nas estimativas de emissão de metano estão descritos na Tabela 5.12 do IPCC 2006. Se mais do que uma safra é colhida durante um dado ano, as emissões poderiam ser estimadas para cada estação de cultivo levando em conta possíveis diferenças na prática desse cultivo (por ex., uso de incrementos orgânicos, padrão de alagamento antes e durante o período de cultivo) (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006).

Fatores de escala utilizados para a estimativa de emissão de CH₄ em cultivo de arroz irrigado

Fatores de escala são utilizados para ajustar o fator de emissão integrado sazonalmente para campos de arroz continuamente inundados (EFc) de modo a contabilizar as diferentes condições encontradas nos sistemas de produção de arroz. Por exemplo, manejos diferentes de água no cultivo de arroz afeta a quantidade de CH₄ emitido durante uma estação de crescimento (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). O IPCC apresenta uma faixa de fatores de escala específicos para manejos diferentes de água (FSw), sendo que aos sistemas de produção de arroz irrigado por inundação contínua é atribuído um índice máximo igual a 1. No caso das várzeas e regimes intermitentes, esses fatores de escala variam de acordo com o sistema, e dependendo da disponibilidade de dados sobre o regime de água na região, pode ser utilizado um índice único (agregado, ou seja, combinando fatores de emissão relativos a diferentes tipos de manejo) ou não.

Outro fator de escala proposto pelos Documentos Orientadores do IPCC sobre elaboração de Inventários de Emissão de Gases de Efeito Estufa (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006) e sobre Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas em Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do IPCC (INTERGOVERNMENTAL

PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2000), refere-se à adição de resíduos orgânicos ao solo (SFo), como por exemplo, palha, dejetos animais, e outros materiais.

Sistemas de cultivo de arroz no Estado de São Paulo

O Instituto de Economia Agrícola (IEA) disponibiliza um banco de dados sobre estatísticas da produção paulista (IEA, 2015), que inclui a área (em hectares) e produção (em sacas de 60 kg) de arroz em casca em quatro níveis de dados: por Estado, por região administrativa, por escritório regional e por município (dados para este último nível estão disponíveis somente a partir de 2000).

Dados de área de arroz de sequeiro e de várzea são apresentados conjuntamente, em hectares, não sendo discriminadas as áreas específicas para cada um destes sistemas. As áreas de arroz irrigado, cujos dados foram apresentados somente a partir de 1992, referem-se a cultivos com sistema de irrigação por pivô central, por aspersão, gotejamento, autopropelido, convencional, e por inundação. Não há especificação sobre o regime de água utilizado (contínuo, intermitente, com aeração única ou múltipla, ou outros manejos descritos no método do IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2000, 2006). A não disponibilidade de dados de área por manejo de água constitui fonte de incerteza para as estimativas de emissão de gases de que se trata este relatório.

O Estado de São Paulo, conforme o banco de dados do IEA (IEA, 2015), apresentava, em 1983, um total de área de arroz plantada estimado em 328.223 hectares. Em 1992 foram estimados 189,6 mil hectares de área de produção de arroz, sendo 165,8 mil ha declarados como sistemas de sequeiro e várzea, e 23,7 mil ha de sistema irrigado. De 1992 a 2014, houve uma redução de 93% da área total plantada, sobretudo no total

de área de arroz de sequeiro e várzea, reduzida a 3.139,6 hectares. Na Figura 1 apresenta-se a evolução da área cultivada de arroz de sequeiro e várzea e de arroz irrigado no Estado de São Paulo no período de 1992 a 2014.

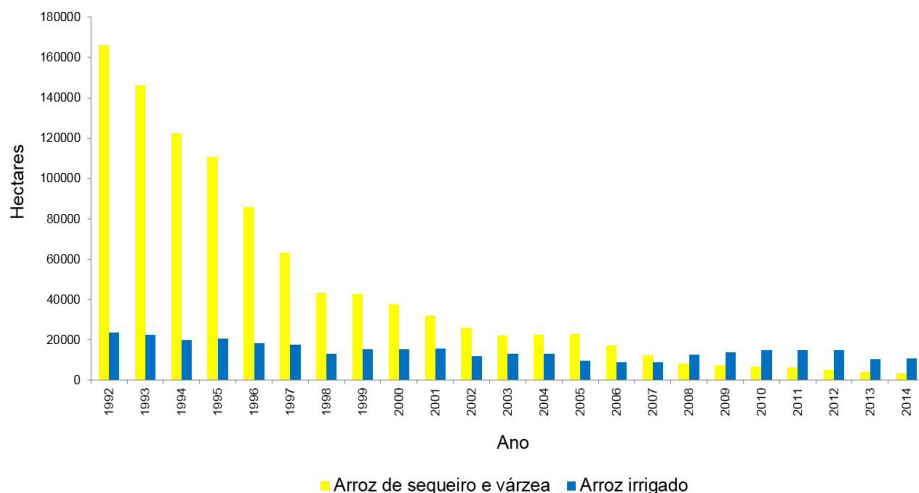


Figura 1. Área cultivada de arroz de sequeiro e várzea e de arroz irrigado, em hectares, no Estado de São Paulo no período de 1992 a 2014.

Fonte: IEA (2015).

O Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) apresenta dados totais de área colhida de arroz em casca, em hectares, sem distinção dos sistemas de produção (sequeiro, várzea e irrigado). Em função desta limitação, as estimativas de emissão de CH_4 foram realizadas com base nas informações do IEA (IEA, 2015).

Da mesma forma como elaborado para as estimativas efetuadas com base no método do IPCC 1996, os dados de áreas de arroz apresentados no banco de dados do IEA foram reorganizados em planilhas, e as áreas de arroz foram revistas, com o auxílio de consulta a especialistas. Foram utilizadas as áreas de cultivo de arroz apresentadas por município,

reclassificando-as de acordo com as classes sugeridas por Tisselli Filho e Azzini (1987), quanto ao sistema mais representativo (sequeiro, várzea, irrigado por inundação) de cada município. Consultas a Casas de Agricultura, escritórios regionais e departamentos de distribuição de sementes, e, de modo geral, a especialistas em cultivo de arroz no Estado foram realizadas para auxiliar na subdivisão destes sistemas (ALVES; LIMA, 2015).

Na Figura 2 apresenta-se a distribuição municipal aproximada dos tipos de sistemas de cultivo de sequeiro, várzea e irrigado por inundação, com base em dados do IEA 2015 e levantamento de informações junto a órgãos do Estado, escritórios regionais da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), e especialistas no tema, tendo como referência o ano 2008 (ALVES; LIMA, 2015).

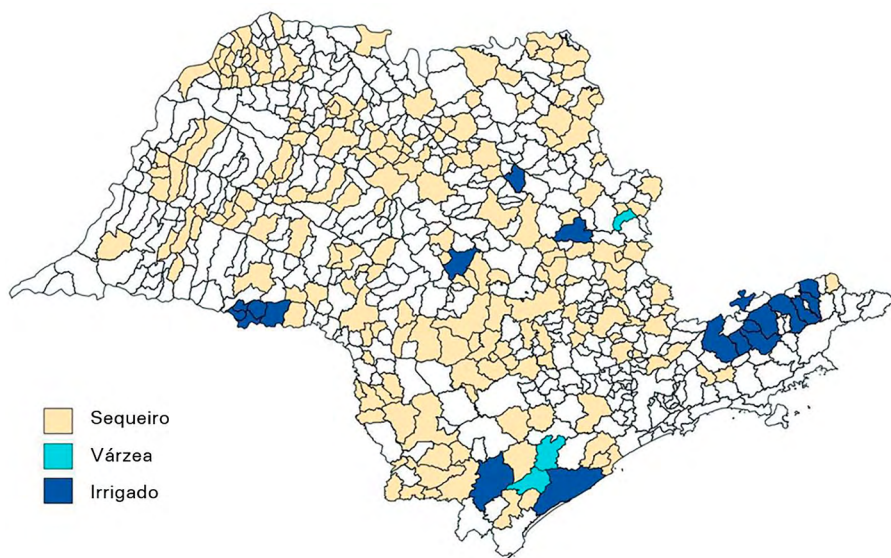


Figura 2. Distribuição municipal de sistemas de produção de arroz no Estado de São Paulo (ALVES; LIMA, 2015).

O nível metodológico Tier 1 do IPCC 2006 estabelece que as emissões para cada área de plantio determinada são ajustadas pela multiplicação de um fator de emissão default para campos com nenhuma pré-estação de inundação por menos de 180 dias antes do cultivo do arroz e campos continuamente inundados, sem adição de matéria orgânica, EF_c , por vários fatores de escala, como mostrado na Equação 5.2 do IPCC 2006.

Equação 5.2 – Fator de emissão ajustado diariamente (IPCC, 2006)

$$EF_1 = EF_c * SF_w * SF_p * SF_o * SF_{s,r}$$

Onde:

EF_1 = fator de emissão diária ajustado para uma particular área colhida, em $kg\ CH_4\ ha^{-1}\ dia^{-1}$

EF_c = fator de emissão linha de base para campos de arroz continuamente inundados sem adição de matéria orgânica, expresso em $kg\ de\ CH_4\ ha^{-1}\ dia^{-1}$

SF_w = fator de escala para considerar as diferenças no regime de água durante o período de cultivo (Tabela 5.12 do IPCC 2006)

SF_p = fator de escala que considera diferenças no regime da água na pré-estação antes do período de cultivo (Tabela 5.13 do IPCC)

SF_o = fator de escala deve variar para o tipo e quantidade de material orgânico adicionado ao solo (Equação 5.3 e Tabela 5.14 do IPCC)

$SF_{s,r}$ = fator de escala para tipo de solo, cultivar de arroz, e outros, se disponível.

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4, apresentam-se em negrito os valores correspondentes, respectivamente, aos fatores EF_c , SF_w , SF_p , e SF_o utilizados na estimativa de emissão de metano que trata o presente documento, tal que:

- EF_c = foi considerado o valor *default* do IPCC, de **1,3 $kg\ CH_4/ha/dia$**

- SF_w = foram consideradas apenas as categorias de regime contínuo ($SF_w = 1$) e várzea úmida ($SF_w = 0,28$), de acordo com consultas a especialistas e à literatura

- SF_p = atribuiu-se o fator de escala **0,68** para sistemas de cultivo sem a prática de soca¹ e um fator de escala **1** aos sistemas que utilizam soca.

¹ A soca é a capacidade das plantas de arroz regenerar novos perfilhos férteis após o corte dos colmos para a colheita, podendo se constituir em uma prática para aumentar a produção de arroz (Cultivo, 2004).

Tabela 1. Fator de emissão de metano *default* assumindo a não ocorrência de inundação por menos de 180 dias antes do cultivo de arroz, e cultivo de arroz continuamente inundado sem adição de matéria orgânica.

	Fator de emissão	Variação de erro
Emissão de CH ₄ (kg CH ₄ ha ⁻¹ d ⁻¹)	1,30	0,80-2,20

Fonte: YAN et al. (2005) apud INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Table 5.11, p. 5.49, 2006).

Tabela 2. Fatores de escala de emissão de metano *default* para regimes de água (SFw) durante o período de cultivo relativo aos campos inundados e de várzea, considerando fatores de escala agregados e desagregados, em função da disponibilidade de informações sobre o manejo.

Regime de água	Caso agregado		Caso desagregado	
	Fator de escala SFw	Variação de erro	Fator de escala SFw	Variação de erro
Sequeiro (sem inundação)	0	-	0	-
Continuamente inundado			1	0,79-1,26
Irrigado				
Intermitentemente inundado-aeração única ¹	0,78	0,62-0,98	0,60	0,46-0,80
Intermitentemente inundado-aeração múltipla ²			0,52	0,41-0,66
Várzea regular ³			0,28	0,21-0,37
Várzea				
Várzea seca ⁴	0,27	0,21-0,34	0,25	0,18-0,36
Água profunda ⁵			0,31	ND

Fonte: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Table 5.12. p. 5.49, 2006).

Nota: ¹Sistema com pelo menos um único período de aeração (obtida com drenagem) por mais de 3 dias durante a estação de crescimento, não considerada a drenagem final do campo. ²Sistema com mais de um período de aeração durante a estação de crescimento, não considerada a drenagem final do campo. ³Sistema onde a área de cultivo de arroz é inundada por um período significativo de tempo e o regime de água depende unicamente da precipitação pluviométrica, e o nível de água pode atingir até 50 cm de profundidade. ⁴Sistema também alimentado por precipitação pluviométrica, ocorrendo períodos de seca durante toda a estação de crescimento. ⁵Sistema onde o nível de água atinge mais de 50 cm, por um período significativo de tempo durante a estação de crescimento (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). Os valores de fatores de escala marcados em negrito foram os utilizados nas estimativas.

Para o Estado de São Paulo foram levantados dois tipos dominantes de manejo de água: 1- contínuo, e, 2- várzea regular, uma vez que o cultivo ocorre normalmente na época de chuvas. Para esse estudo, foram utilizados fatores de escala SFw específicos por tipo de manejo de água (caso desagregado). Ao sistema de várzea regular, atribui-se um fator de escala de emissão de CH₄ mais baixo (0,28) em relação ao sistema de irrigação continuamente inundado que tem o fator máximo igual a 1. Fatores de escala agregados aplicam-se a situações onde não se dispõe de dados que diferenciem sistemas de manejo de água empregados na área de cultivo de arroz.

Outro fator de escala utilizado no cálculo do fator de emissão de CH₄ ajustado diariamente, de acordo com o método do IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006) é o SFp, que para este caso foi adotado o valor default de 0,68 (destacado em negrito na Tabela 3), específico para situações onde a pré-estação não inundada ocorre em um período acima de 180 dias, fato que se observa na maior parte das áreas cultivadas no Estado de São Paulo, tendo em vista que se colhe uma única safra por ano.

Tabela 3. Fatores de escala de emissão de metano para regimes de água antes do período de cultivo (SFp).

Regime de água antes do cultivo do arroz	Caso agregado		Caso desagregado	
	Fator de escala (SFp)	Variação de erro	Fator de escala (SFp)	Variação de erro
Pré-estação não inundada por menos de 180 dias			1	0,88-1,14
Pré-estação não inundada por mais de 180 dias	1,22	1,07-1,40	0,68	0,58-0,80
Pré-estação inundada por mais de 30 dias			1,90	1,65-2,18

Fonte: YAN et al. (2005) apud INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Table 5.13, p. 5.50, 2006).

Para o cálculo do fator de escala SF_o (fator de escala de emissão de metano ajustado para adição de M.O. no solo), consideram-se aspectos como o tipo e a quantidade de matéria orgânica incorporada no solo, conforme a seguinte equação:

Equação 5.3 (IPCC, 2006)

$$SF_o = (1 + \sum ROA_i * CFOA_i)^{0,59}$$

Onde:

ROA_i = taxa de aplicação de matéria orgânica, em peso seco para palhas ou peso úmido para outros materiais (t/ha)

$CFOA_i$ = fator de conversão para o tipo de matéria orgânica adicionada, conforme a tabela 5-14 do IPCC 2006, **Tabela 4**.

Adotou-se o valor de duas toneladas de matéria orgânica (palha) incorporada no solo, por hectare, assumindo que o sistema convencional de plantio é o mais utilizado. Por não existirem estatísticas sobre a adoção da incorporação de matéria orgânica ao solo nos sistemas agrícolas praticados no Estado, o valor de 2 t/ha foi obtido a partir de consulta a especialistas. Da mesma forma, considerou-se que a incorporação da matéria orgânica normalmente ocorre a menos de 30 dias antes do cultivo, e, portanto, utilizou-se o fator de conversão 1 (*Tabela 5.14 (IPCC-2006)*). Com base nesses dados, o fator de escala SF_o calculado pela equação 5.3 foi de **1,31**.

Tabela 4. Fator de conversão (CFOA_i) para diferentes tipos de M.O. adicionada ao solo.

Fator de conversão para diferentes tipos de matéria orgânica adicionada		
Tipo de matéria orgânica	Fator de conversão (CFOA)	Variação de erro
Palha incorporada a menos de 30 dias antes do cultivo ^a	1	0,97-1,04
Palha incorporada a mais de 30 dias antes do cultivo	0,29	0,20-0,40
Composto	0,05	0,01-0,08
Esterco animal	0,14	0,07-0,20
Adubo verde	0,50	0,30-0,60

^a A aplicação da palha refere-se somente quando incorporada no solo, não incluindo palha sobre o solo nem palha queimada no campo.

Fonte: YAN, et al. (2005) apud INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, (Table 5.14, p. 5.51, 2006).

Estimativa de emissão de CH₄ por áreas de cultivo de arroz inundado

Na Tabela 5 apresentam-se as emissões totais de CH₄ por sistema de produção de arroz (várzea e irrigado por inundação) para o Estado de São Paulo, no período de 1992 a 2009, segundo os métodos do IPCC 1996 (ALVES; LIMA, 2015) e IPCC 2006.

Considerando as estimativas realizadas com base no método do IPCC 2006, no ano 2000 foram estimadas emissões de 2,72 Gg de CH₄, sendo 98% proveniente do cultivo de arroz irrigado por inundação e 2% por cultivo em várzea no Estado, reduzindo para 1,89 Gg de CH₄ em 2008, cerca de 37% a menos em relação ao ano de 1992 (2,99 Gg de CH₄).

Tabela 5. Emissões de CH₄ (Gg) pelo cultivo de arroz (em várzea, irrigado por inundação e total) no Estado de São Paulo, para os anos de 1992 a 2009, calculadas por dois métodos do IPCC de 1996 (revisado) e de 2006.

Ano	Emissão total de CH ₄ (Gg)					
	Várzea		Irrigado por inundação		Total	
	IPCC 1996 ⁽¹⁾	IPCC 2006	IPCC 1996 ⁽¹⁾	IPCC 2006	IPCC 1996 ⁽¹⁾	IPCC 2006
1992	0,54	0,21	5,09	2,79	5,63	2,99
1993	0,27	0,10	4,91	2,69	5,18	2,79
1994	0,33	0,13	4,56	2,50	4,89	2,63
1995	0,28	0,11	4,44	2,43	4,72	2,54
1996	0,25	0,09	4,23	2,32	4,48	2,41
1997	0,23	0,09	3,98	2,18	4,21	2,27
1998	0,27	0,11	3,19	1,75	3,47	1,86
1999	0,26	0,10	3,43	1,88	3,69	1,98
2000	0,14	0,06	3,71	2,66	3,84	2,72
2001	0,08	0,04	3,66	1,85	3,74	2,06
2002	0,07	0,04	3,31	1,85	3,38	1,89
2003	0,07	0,03	3,31	1,87	3,38	1,90
2004	0,06	0,03	3,34	1,85	3,39	1,88
2005	0,06	0,03	2,88	1,31	2,94	1,34
2006	0,08	0,03	2,78	1,61	2,86	1,65
2007	0,02	0,01	2,80	1,61	2,82	1,62
2008	0,01	0,01	3,26	1,88	3,27	1,89
2009	0,04	0,02	3,76	2,09	3,80	2,11

Fonte: ⁽¹⁾ Alves e Lima (2015).

A área de arroz de terras altas foi drasticamente reduzida nas últimas décadas no Estado, dando espaço a outras culturas, como por exemplo, a cana de açúcar. O uso de várzeas para o cultivo de arroz vem sendo também gradualmente reduzido no Estado, sobretudo em função de pressões ambientais.

Os dados mostram emissões totais 45% inferiores, em média, às obtidas no Inventário Estadual de Emissão de Gases de Efeito Estufa, o qual se baseou no método do IPCC 1996.

Na Tabela 6 apresentam-se as emissões de CH₄ provenientes do cultivo de arroz cultivado em várzea e em sistema de arroz irrigado por inundação no período de 1990 a 1999, por região administrativa

do Estado de São Paulo; e na Tabela 7 apresentam-se as emissões por município no período de 2000 a 2009. Esta separação foi feita em razão de a base de dados do IEA (IEA, 2015) apresentar dados de produção de arroz por município somente a partir de 2000, conforme relatado anteriormente.

Na Figura 3, apresenta-se a evolução da emissão de CH_4 de 1990 a 2009 no Estado de São Paulo, por sistema de manejo (várzea e irrigado por inundação).

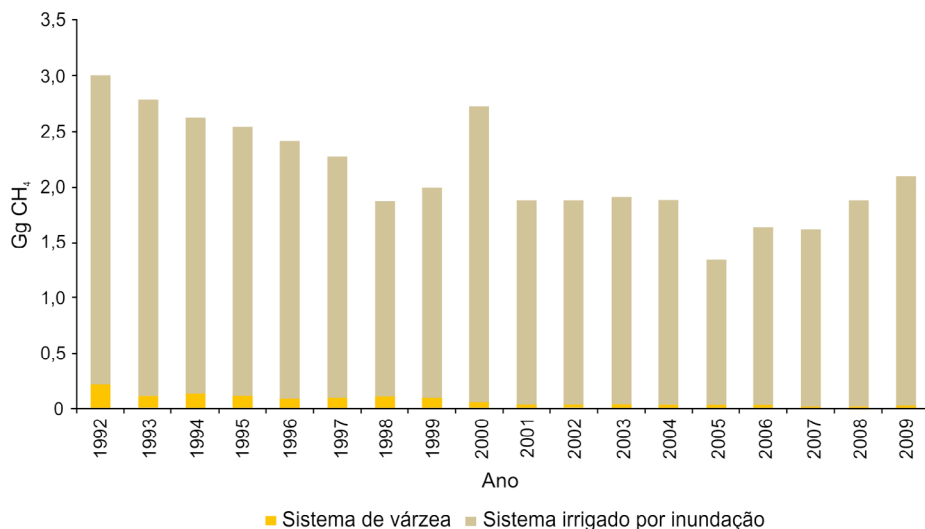


Figura 3. Emissão de CH_4 pelo cultivo de arroz no Estado de São Paulo no período de 1992 a 2009 por sistema de manejo (várzea e irrigado por inundação).

Considerações finais

Há diferenças importantes entre as estimativas realizadas segundo os documentos orientadores do IPCC de 1996 e de 2006, indicando a necessidade de atualização do 1º Inventário Estadual de Emissão de Gases de Efeito Estufa com relação ao método de estimativa. A orientação da CETESB pela adoção do método do IPCC 1996 no referido Inventário teve como propósito manter a comparabilidade com o 1º e 2º Inventários Nacionais de Emissão de Gases de Efeito Estufa, coordenados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) em 2004 e 2010, respectivamente, os quais também se basearam no método do IPCC 1996, por uma decisão mais política do que propriamente técnica. Entretanto, o IPCC recomenda que se utilizem as guias mais recentes já disponibilizadas, com seus respectivos métodos e referenciais.

Este documento mostrou uma importante redução nos valores estimados de emissões de CH₄ com a aplicação de método mais recente de estimativa como recomendado pelo IPCC, mesmo considerando uma redução real da área cultivada, e com a utilização de dados mais precisos sobre o cultivo de arroz irrigado no Estado de São Paulo.

A realização de estimativas em nível estadual e municipal, utilizando bases de dados mais detalhadas, quando disponíveis, acrescenta uma melhor acurácia nas estimativas, e pode contribuir para o aprimoramento de inventários nacionais.

Tabela 6. Área em produção (ha) e estimativa de emissão de CH₄ (Gg) pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação, por região administrativa do Estado de São Paulo, no período de 2000 a 2009, utilizando o método do IPCC 2006.

Região Administrativa	Sist. de Manejo	Ano	Área colhida (ha)	Período cultivo (dias)	Fator emissão kg CH ₄ ha ⁻¹ dia ⁻¹	Fator Escala (SFw)	Fator Escala (SfFo)	Fator Escala (SFw)	Fator Escala (SfFo)	Fator de emissão de CH ₄ ajustado (kg CH ₄ ha ⁻¹ dia ⁻¹)	Emissão de CH ₄ (Gg)		
Registro	Várzea	1990	2.838	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,1334	0,1334		
		1991	2.497	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,1174	0,1174		
		1992	2.222	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,1045	0,1045		
		1993	1.559	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0733	0,0733		
		1994	2.170	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,1020	0,1020		
		1995	1.770	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0832	0,0832		
		1996	1.617	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0760	0,0760		
		1997	1.502	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0706	0,0706		
		1998	1.506	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0708	0,0708		
		1999	1.474	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0693	0,0693		
		Registro	Inundação	1992	125	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,0210	0,0210
				1993	125	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,0210	0,0210
				1994	140	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,0235	0,0235
				1995	125	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,0210	0,0210
				1996	150	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,0252	0,0252
				1997	152	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,0255	0,0255
				1998	670	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,1125	0,1125
				1999	670	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	0,1125	0,1125
				São José dos Campos	Várzea	1990	17.134	145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243
1991	16.534					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,7774	0,7774
1992	2.279					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,1072	0,1072
1993	704					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0331	0,0331
1994	564					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0265	0,0265
1995	565					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0266	0,0266
1996	478					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0225	0,0225
1997	439					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0206	0,0206
1998	777					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0365	0,0365
1999	734					145	1,3	0,68	0,28	1,31	0,3243	0,0345	0,0345
São José dos Campos	Inundação					1992	16.830	145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580
		1993	16.228			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	2,7249	2,7249
		1994	15.061			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	2,5290	2,5290
		1995	14.684			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	2,4657	2,4657
		1996	13.946			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	2,3418	2,3418
		1997	13.104			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	2,2004	2,2004
		1998	9.971			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	1,6743	1,6743
		1999	10.758			145	1,3	0,68	1	1,31	1,1580	1,8064	1,8064

Tabela 7.1. Área em produção (ha) e estimativa de emissão de CH₄ (Gg) pelo cultivo de arroz de várzea por município do Estado de São Paulo, nos anos de 2000 a 2009, utilizando o método do IPCC 2006.

Município	Região Administrativa	Sist. de manejo	Ano	Área em produção (ha)	Emissão de CH ₄ (Gg)
ELDORADO	Registro	Várzea	2000	180	0,00691
			2001	180	0,00691
			2002	180	0,00691
			2003	170	0,00783
			2004	170	0,00783
			2005	170	0,00783
			2006	170	0,00783
			2007	35	0,00161
			2009	12	0,00055
JACAREI	São José dos Campos	Várzea	2000	10	0,00046
			2001	120	0,00553
			2002	60	0,00276
JAU	Bauri	Várzea	2000	100	0,00460
			2001	100	0,00460
			2002	100	0,00460
			2003	100	0,00460
			2004	100	0,00460
			2005	80	0,00368
			2006	80	0,00368
			2007	75	0,00345
			2008	70	0,00322
			2009	70	0,00322
			2010	60	0,00276
2011	40	0,00184			
JUQUIA	Registro	Várzea	2000	15	0,00069
			2001	4	0,00018
			2002	10	0,00046
			2005	10	0,00046
			2006	2,5	0,00012
			2007	2,5	0,00012
			2008	10	0,00046
			2009	2,5	0,00012
			2010	5	0,00023
			2011	5	0,00023
			LORENA	São José dos Campos	Várzea
2003	50	0,00230			
2009	630	0,02901			
REGISTRO	Registro	Várzea	2001	15	0,00069
			2002	15	0,00069
			2003	12	0,00055
			2004	15	0,00069
			2005	38	0,00175
			2006	33	0,00152
			2008	30	0,00138
			2009	185	0,00852

Continua...

Tabela 7.1. Continuação.

Município	Região Administrativa	Sist. de manejo	Ano	Área em produção (ha)	Emissão de CH ₄ (Gg)			
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	Várzea	2000	60	0,00276			
			2001	60	0,00276			
			2002	60	0,00276			
			2003	20	0,00092			
			2004	100	0,00460			
			2005	100	0,00460			
			2006	60	0,00276			
			2007	10	0,00046			
			2008	10	0,00046			
2009	15	0,00069						
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	Várzea	2000	100	0,00460			
			2001	100	0,00460			
			2002	100	0,00460			
			2006	150	0,00691			
			2007	150	0,00691			
			2009	150	0,00691			
			SETE BARRAS	Registro	Várzea	2000	250	0,01151
						2001	260	0,01197
						2002	260	0,01197
2003	260	0,01197						
2004	270	0,01243						
2005	280	0,01289						
2006	280	0,01289						
2007	10	0,00046						
2008	65	0,00299						

Obs.: Foram considerados no cálculo, um período de cultivo de 142 dias; um fator emissão de 1,3 (kg CH₄ por dia²); um fator de escala (SFp) igual a 0,08; um fator de escala (SFw) igual a 0,28; um fator de escala (SFc) igual a 1,51; um fator de emissão de CH₄ ajustado de 0,32425 (kg CH₄ por dia²).

Tabela 7.2. Área em produção (ha) e estimativa de emissão de CH₄ (Gg) pelo cultivo de arroz irrigado por inundação por município do Estado de São Paulo, nos anos de 2000 a 2009, utilizando o método do IPCC 2006.

Município	Região administrativa	Sist. de manejo	Ano	Área em produção (ha)	Emissão de CH ₄ (Gg)			
APARECIDA BARRI	São José dos Campos Bauri	Inundação	2000	400	0,06578			
			2001	150	0,02467			
			2002	150	0,02467			
			2003	150	0,02467			
			2004	150	0,02467			
			2005	150	0,02467			
			2006	150	0,02467			
			2007	150	0,02467			
			2008	150	0,02467			
BOTUCATU	Sorocaba	Inundação	2000	35	0,00343			
			2001	25	0,00411			
			2002	25	0,00411			
			2003	25	0,00411			
			2004	25	0,00411			
			2005	25	0,00411			
			2006	25	0,00411			
			2007	25	0,00411			
			2008	25	0,00411			
			2009	25	0,00411			
			2010	25	0,00411			
2011	25	0,00411						
CAÇAPAVA	São José dos Campos	Inundação	2000	1200	0,19733			
			2001	1200	0,19733			
			2002	1200	0,19733			
			2003	1200	0,19733			
			2004	1200	0,19733			
			2008	900	0,14800			
			2009	900	0,14800			
			CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	Inundação	2000	100	0,01644
						2001	100	0,01644
2002	100	0,01644						
2003	100	0,01644						
2004	100	0,01644						
2005	100	0,01644						
2006	100	0,01644						
2007	100	0,01644						
2008	110	0,01809						
2009	110	0,01809						
CRUZEIRO	São José dos Campos	Inundação				2000	40	0,00658
			2001	60	0,00987			
			2002	60	0,00987			
			2003	60	0,00987			
			2004	60	0,00987			
			2005	60	0,00987			
			2006	60	0,00987			
			2008	60	0,00987			
			2009	64,2	0,01056			

Continua...

Tabela 7.2. Continuação.

Município	Região administrativa	Sist. de manejo	Ano	Área em produção (ha)	Emissão de CH ₄ (Gg)
ELDORADO	Registro	Inundação	2001	240	0,03947
			2002	30	0,00493
			2003	50	0,00822
			2004	50	0,00822
			2005	60	0,00987
			2006	50	0,00822
			2008	118	0,01940
			2009	120	0,01973
			2010	120	0,01973
FLORINEA	Matilha	Inundação	2000	230	0,03782
			2001	200	0,03289
			2002	200	0,03289
			2003	200	0,03289
			2004	150	0,02467
			2005	150	0,02467
			2006	150	0,02467
			2007	150	0,02467
			2008	150	0,02467
			2009	150	0,02467
			2010	150	0,02467
GUARATINGUETÁ	São José dos Campos	Inundação	2000	2500	0,41110
			2001	2600	0,42755
			2002	2600	0,42755
			2003	2800	0,46044
			2004	2960	0,49004
			2005	2960	0,49004
			2006	2500	0,41110
			2007	2400	0,39466
			2008	3000	0,49533
			2009	2800	0,46044
			GUATAPARÁ	Ribeirão Preto	Inundação
2001	200	0,03289			
2002	200	0,03289			
2003	100	0,01644			
2004	100	0,01644			
2005	100	0,01644			
2008	185,8	0,03055			
2009	185,8	0,03055			
2010	185,8	0,03055			
2011	185,8	0,03055			
IGUAPE	Registro	Inundação			
			2008	200	0,03289
			2009	247	0,04062
LORENA	São José dos Campos	Inundação	2002	120	0,01973
			2008	120	0,01973
			2009	400	0,06578

Continua...

Tabela 7.2. Continuação.

Município	Região administrativa	Sist. de manejo	Ano	Área em produção (ha)	Emissão de CH ₄ (Gg)
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	Inundação	2000	2500	0,41110
			2001	2500	0,41110
			2002	2800	0,46044
			2003	2800	0,42755
			2004	2800	0,46044
			2005	2900	0,47688
			2006	2700	0,44399
			2007	2900	0,47688
			2008	2900	0,47688
PIATINA	Marília	Inundação	2010	300	0,04933
			2000	424	0,06972
			2001	424	0,06972
			2003	424	0,06972
			2004	424	0,06972
			2005	424	0,06972
			2006	424	0,06972
			2007	424	0,06972
			2008	424	0,06972
ROSEIRA	São José dos Campos	Inundação	2000	900	0,14800
			2001	900	0,14800
			2002	1	0,00068
			2003	1	0,00068
			2004	10	0,00164
			2005	10	0,00164
			2006	10	0,00164
			2007	10	0,00164
			2008	10	0,00164
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	Inundação	2000	300	0,04933
			2001	300	0,03289
			2002	300	0,04933
			2003	300	0,04933
			2006	150	0,02467
			2008	200	0,03289
			2009	200	0,03289
			2000	220	0,03618
			2001	220	0,03618
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	Inundação	2000	300	0,04933
			2001	300	0,03289
			2002	300	0,04933
			2003	300	0,04933
			2006	150	0,02467
			2008	200	0,03289
			2009	200	0,03289
			2000	220	0,03618
			2001	220	0,03618
TARUMA	Marília	Inundação	2000	300	0,04933
			2001	300	0,03289
			2002	300	0,04933
			2003	300	0,04933
			2004	300	0,04933
			2005	330	0,05427
			2006	330	0,05427
			2007	330	0,05427
			2008	330	0,05427
2009	300	0,04933			
2010	300	0,04933			
2011	150	0,02467			

Continua...

Tabela 7.2.- Continuação.

Município	Região administrativa	Sist. de manejo	Ano	Área em produção (ha)	Emissão de CH ₄ (Gg)
TAUBATÉ	São José dos Campos	Inundação	2000	1000	0,16444
			2001	1000	0,16444
			2002	1000	0,16444
			2003	1000	0,16444
			2004	1000	0,16444
			2005	1000	0,16444
			2006	1000	0,16444
			2007	1000	0,16444
			2008	1000	0,16444
	865,3	0,14229			
TREMEMBÉ	São José dos Campos	Inundação	2000	2104	0,34599
			2001	2104	0,34599
			2002	2104	0,34599
			2003	2104	0,34599
			2004	2104	0,34599
			2006	2100	0,34533
			2007	2100	0,34533
			2008	2100	0,34533
			2009	3501	0,57571
VARGEM GRANDE DO SUL	Campinas	Inundação	2000	300	0,04933
			2001	150	0,02467
			2002	150	0,02467
			2003	90	0,01480
			2004	100	0,01644
			2005	100	0,01644
			2006	100	0,01644
			2007	100	0,01644
			2008	6	0,00099

Obs.: Foram considerados no cálculo: um período de cultivo de 142 dias; um fator emissão de 1,3 (kg CH₄ ha⁻¹ dia⁻¹); um fator de escala (SFP) igual a 0,68; um fator de escala (SFW) igual a 0,28; um fator de escala (SFO) igual a 1,31; um fator de emissão de CH₄ ajustado de 0,32425 (kg CH₄ dia⁻¹)

Referências

AMAZONAS (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Centro Estadual de Mudanças Climáticas. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do setor elétrico do Estado do Amazonas: 2002-2008**. Manaus, 2010.

ALVES, B. J. R.; LIMA, M. A. de. **1º Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo: emissões no setor de agropecuária**. São Paulo, SP: CETESB, 2015. 174 p.

BAHIA (Estado). Secretaria do Meio Ambiente do Estado. **Primeiro inventário de emissões antrópicas de gases do efeito estufa do Estado da Bahia**. [S.l.], 2010. 7 p.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de metano do cultivo de arroz: relatórios de referência: agropecuária: primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília, DF, 2004.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Emissões de metano do cultivo de arroz: relatórios de referência: agropecuária: segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/udp_blob/0210/210004.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (SP). **Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo: 1. comunicação estadual. 2.ed.** São Paulo, 2011.

CULTIVO da soca de arroz irrigado. In: PEREIRA, D. P.; BANDEIRA, D. L.; QUINCOZES, E. da R. F. Sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção, 3). Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrrigadoBrasil/cap17.htm>>. Acesso em: 24 fev. 2016.

COSTA, F. de S.; AMARAL, E. F. do; BUTZKE, A. G.; NASCIMENTO, S. da S. (Ed.). **Inventário de emissões antrópicas e sumidouros de gases de efeito estufa do Estado do Acre: ano-base 2010**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2012 144 p.

CUTRIM, V. dos A.; CAMPOS, G. W. de; FONSECA, J. R.; BASSINELLO, P. Z. **Avaliação de cultivares e linhagens de arroz irrigado no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo**. Santo Antonio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 117).

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Sumário executivo do inventário de emissão de gases de efeito estufa do Estado do Espírito Santo**. Vitória, 2013. 22 p.

FEPAM. **Inventário das emissões de gases de efeito estufa do Rio Grande do Sul 2005**. Porto Alegre, 2010. 58 p. Disponível em: <http://inventariogeesp.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/30/2014/04/Inventario_GEE_RS_2005_PACE_RS_2010_FEPAM.pdf>. Acesso em 24 fev. 2016.

IEA. **Área e produção dos principais produtos da agropecuária**: banco de dados. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: fev. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories**. Hayama, 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reference manual (volume 3). Bracknell, 1997. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>>. Acesso em: 3 jul. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**. Kanagawa: IGES, 2006.

MINAS GERAIS (Estado). Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2008. 120p.

MYHRE, G.; SHINDELL, D.; BRÉON, F.-M.; COLLINS, W.; FUGLESTVEDT, J.; HUANG, J.; KOCH, D.; LAMARQUE, J.-F.; LEE, D.; MENDOZA, B.; NAKAJIMA, T.; ROBOCK, A.; STEPHENS, G.; TAKEMURA, T.; ZHANG, H. Anthropogenic and natural radiative forcing. In: STOCKER, T. F.; QIN, D.; PLATTNER, G.-K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S. K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P. M. (Ed.). **Climate Change 2013: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

NEUE, H. Methane emission from rice fields: wetland rice fields may make a major contribution to global warming. **BioScience**, Washington, DC, v. 43, n. 7, p. 466-473, 1993.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Inventário de emissões antrópicas diretas e indiretas de gases de efeito estufa do Estado do Paraná 2005-2012**. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/ApresentacaoResultados_SEMA.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2016.

RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Estado do Meio Ambiente, COPPE/CLIMA. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2007. 307 p.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.798, de 9 de novembro 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, Poder Executivo**, São Paulo, 10 nov. 2009. Seção 1, v. 119, n. 209, p. 1-5. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>>. Acesso em: 2 dez. 2015.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n° 55.947, 24 de junho de 2010. Regulamenta a Lei n° 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, Poder Executivo**, São Paulo, 25 maio 2010. Seção 1, v. 120, n. 119, p. 1-5. Disponível em: <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20100625&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=1>>. Acesso em: 2 dez. 2015.

TISSELLI FILHO, O.; AZZINI, L. E. Arroz. In: PEDRO JÚNIOR, M. J.; BULISANI, E. A.; POMMER, C. V.; PASSOS, F. A.; GODOY, I. J. de; ARANHA, C. (Ed.). **Instruções agrícolas para o Estado de São Paulo**. 4. ed. Campinas: IAC, 1987. 231 p. (Boletim IAC, n. 200).

VIEIRA, J.; MARSCHALEK, R.; SCHIOCCHET, M. A. **Cultivares de arroz da Epagri**: descrição e caracterização. Florianópolis: Epagri, 2007. 76p. (Epagri. Boletim Técnico, 138).

YAN, X.; YAGI, K.; AKIYAMA, H.; AKIMOTO, H. Statistical analysis of the major variables controlling methane emission from rice fields. **Global Change Biology**, Oxford, v. 11, n. 7, p. 1131-1141, 2005.

Embrapa

Meio Ambiente

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

