

COMUNICAÇÃO ESTADUAL

1º INVENTÁRIO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA DIRETOS E INDIRETOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

EMISSÃO DO SETOR DE AGROPECUÁRIA

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO • SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB — COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo



EMISSIONES DO SETOR DE AGROPECUÁRIA

Governo do Estado de São Paulo

Secretaria do Meio Ambiente

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

São Paulo, 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
(CETESB – Biblioteca, SP, Brasil)

C418e CETESB (São Paulo)

Emissões no setor de agropecuária [recurso eletrônico] / CETESB ; Coordenação técnica EMBRAPA, Magda Aparecida de Lima, Bruno José Rodrigues Alves; Revisão técnica Bruna Patrícia de Oliveira, Gabriela Pacheco Rotondaro, João Wagner Silva Alves; Equipe Bruna Chyoshi ... [et al.]. – São Paulo : CETESB, 2015.

1 CD (174 p.) : il. color., PDF ; 49 MB. – (Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do estado de São Paulo, 1)

Publicado também em CD.

Disponível também em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>.

ISBN 978-85-61405-83-0

1. Agricultura 2. Agropecuária – emissões antrópicas 3. Aquecimento global
4. Efeito estufa – gases 5. Gases – inventário 6. Mudanças climáticas 7. Pecuária 8.
Política ambiental 9. São Paulo (Est.) I. Título II. Série.

CDD (21. ed. Esp.) 363.738 748 161

CDU (2. ed. Port.) 504.7:631+636 (815.6)

Catalogação na fonte: Margot Terada CRB 8.4422

Governo do Estado de São Paulo

Geraldo Alckmin

Secretaria do Meio Ambiente

Patrícia Faga Iglecias Lemos

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Otávio Okano



CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Otávio Okano – Diretor-Presidente

Nelson R. Bugalho – Diretor Vice-Presidente

Diretoria de Gestão Corporativa

Edson Tomaz de Lima – Diretor

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental

Aruntho Savastano Neto – Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Carlos Roberto dos Santos – Diretor

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental

Ana Cristina Pasini da Costa – Diretora



EMISSÕES DO SETOR DE AGROPECUÁRIA

Coordenação:

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB



Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo – PROCLIMA



Parceria

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Fundação Arthur Bernardes



Apoio:



Embaixada Britânica
Brasília

APRESENTAÇÃO

A gestão ambiental, para ser eficaz, deve estar apoiada em informações e diagnósticos rigorosos. No caso específico das mudanças climáticas, é fundamental conhecer com profundidade o impacto de atividades produtivas dos diferentes setores da economia, para, então, identificar possibilidades de ações mitigadoras.

Este Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do setor de agropecuária aponta, de forma objetiva, as estimativas de emissões de metano, dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso, constituindo passo importante para um plano de gestão e redução dos lançamentos de poluentes.

Além de contribuir para o enfrentamento das mudanças climáticas, este estudo almeja conscientizar gestores das áreas da agricultura e pecuária sobre a relevância do controle das emissões.

A credibilidade dos relatórios é atestada pelos que os desenvolveram: especialistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com apoio da Fundação Arthur Bernardes (Funarbe) e de outras instituições e pesquisadores.

A iniciativa integra projeto da Cetesb e da Embaixada Britânica no Brasil, na esfera de apoio à política climática do Estado de São Paulo.

Patrícia Iglecias

Secretária do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

APRESENTAÇÃO

O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do setor de agropecuária faz parte da Comunicação Estadual composta também pelos setores: energia, que inclui o subsetor transportes; processos industriais e uso de produtos; uso da terra, mudanças do uso da terra e florestas; resíduos sólidos e efluentes líquidos. Sua realização foi prevista pela Lei 13.798, de 09 de novembro de 2009, que institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC).

A presente publicação é a reunião de cinco relatórios: pecuária, fermentação entérica e dejetos; cultivo de arroz irrigado; queima de resíduos agrícolas; solos agrícolas, manejo de dejetos; e calagem. A metodologia utilizada baseou-se, principalmente, nos métodos de 1996 e 2000 do Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima (IPCC) e nos inventários presentes na Comunicação Nacional à Convenção do Clima das Emissões de Gases de Efeito Estufa do país, permitindo uma comparabilidade entre estes inventários.

Os relatórios de referência do Setor de Agropecuária foram desenvolvidos por especialistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com o apoio da Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE). Contou ainda com a colaboração de instituições e pesquisadores dos subsetores inventariados. Este trabalho faz parte de um projeto desenvolvido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e a Embaixada Britânica do Brasil, no âmbito do “Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo”.

Finalmente, é importante frisar a sua relevância, ao apresentar um retrato da distribuição das emissões deste setor no estado, que se constitui num instrumento que permitirá o planejamento e a adoção de medidas mitigadoras no setor.

Otávio Okano

Diretor Presidente da CETESB

Diretor-Presidente

Otávio Okano

Diretor Vice-Presidente

Nelson R. Bugalho

Departamento de Cooperação Institucional e Internacional - VI

Fátima Aparecida Carrara

Divisão de Mudanças Climáticas - VIC

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer

Ficha Técnica da Publicação

Coordenação Técnica

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Magda Aparecida de Lima

Bruno José Rodrigues Alves

Coordenação do contrato entre a CETESB e a EMBRAPA

João Wagner Silva Alves

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer

Revisão Técnica

Bruna Patrícia de Oliveira - Consultora Técnica

Gabriela Pacheco Rotondaro - Consultora Técnica

João Wagner Silva Alves

Equipe

Bruna Chyoshi - Coordenação Executiva

Bruna Patrícia de Oliveira - Apoio à Coordenação Executiva

Camila Bernardo de Faria

Camila Capassi Malagodi

Calvin Stefan Iost

Carlos Alberto Sequeira Paiva

Daniel Soler Huet - Coordenação Executiva

Eliane Aparecida Milani de Queiróz Lopes da Cruz

Gisele dos Anjos Passareli

Guilherme Farano

João Henrique Muniz de Souza - Apoio à Coordenação Executiva

João Wagner Silva Alves

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer - Coordenação Executiva

Ligia Prangutti Orlandi

Mariana Pedrosa Gonzalez
Matheus Fernando Kelson Batinga de Mendonça
Neuza Maria Maciel
Omar de Almeida Cardoso
Rafael Takayama Garrafoli
Renata Monteiro Siqueira

Editoração

Eduardo Shimabokuro - Prestador de Serviço
Wilson Issao Shiguemoto

Capa

Vera Severo

Fotos

Magda Aparecida de Lima (Capa, páginas: 1, 75 e 163)
Omar de Almeida Cardoso (Capa e página 1)
Arquivo CETESB (páginas: 37 e 103)
EMBRAPA (páginas: 23, 37, 75 e 121)

Publicação – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB

Para obter outras informações:

Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo – PROCLIMA

Avenida Professor Frederico Hermann Júnior, 345, CEP 05459-900, São Paulo – SP
Telefone: +55 (11) 3133 3157, (11) 3133 3563
e-mail: vic_cetesb@sp.gov.br
www.cetesb.sp.gov.br/geesp
www.cetesb.sp.gov.br/proclima

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio da Embaixada Britânica no Brasil



**Embaixada Britânica
Brasília**

AGRADECIMENTOS

Nossos sinceros agradecimentos a: Otavio Okano, Presidente da CETESB, pela confiança na condução deste trabalho; Nelson R. Bugalho, Vice Presidente da CETESB e Fátima Aparecida Carrara, do Departamento de Cooperação Institucional e Internacional da CETESB pelo apoio incondicional; Alan Charlton, ex Embaixador do Reino Unido no Brasil, parceiro imprescindível nos anos do projeto; Volf Steinbaum e Maria Fernanda Pelizzon Garcia, assessores da Vice Presidência, pelo apoio e confiança; José Domingos Gonzales Miguez, Newton Paciornick e Thelma Krug pela confiança e longa parceria; Oswaldo dos Santos Lucon, Assessor do Secretário do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, e Francisco Emílio Baccaro Nigro da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, o nosso reconhecimento pelas contribuições inestimáveis na revisão da Comunicação Estadual.

Agradecemos imensamente à: Magda Aparecida de Lima e Bruno José Rodrigues Alves da EMBRAPA, pela elaboração de quatro relatórios deste inventário; Gisele dos Anjos Passareli, pela elaboração do relatório de Calagem; Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE) pela parceria e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) pela cessão de informações.

Expressamos nosso especial reconhecimento à equipe da Embaixada Britânica do Brasil, sem a qual esse trabalho não seria possível.

Somos gratos à: Eliane Aparecida Milani de Queiróz Lopes, pela intensa participação, pelo contato com as instituições envolvidas neste trabalho; Bruna Patrícia de Oliveira, Érica Maria Tachibana e Gabriela Pacheco Rotondaro, que revisaram os documentos. E finalmente aos colaboradores, que forneceram dados e contribuíram com esta publicação: Airton Camargo (CONAB); Bernardo Lorena (CATI); Bernardo F. T. Rudorff, Daniel A. de Aguiar, Marcos Adami e Yosio E. Shimabukuro (INPE); Eder Dias dos Santos (UFSCar); Edivaldo Cia, Luiz Henrique Carvalho e Milton Geraldo Fuzatto (IAC); Segundo Sacramento Urquiaga Caballero, Robert Michael Boddey e Claudia Pozzi Jantalia (EMBRAPA), Marcos Gervásio Pereira (UFRRJ); Octavio Costa de Oliveira (IBGE); incluindo os técnicos e engenheiros agrônomos dos escritórios regionais da CATI; e Elton César de Carvalho (CNPq/Pibic), que contribuiu com o tratamento dos dados levantados.

Lista de Siglas e Abreviaturas

A - área anual colhida de arroz (dada pela área cultivada multiplicada pelo número de estações de cultivo por ano)

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos

APTA - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios

ASH_i - Fração do conteúdo de cinzas nos dejetos produzidos pelo animal do tipo i

B_{oi} - Capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos por animal do tipo i

bto - Biomassa Total Oxidada

CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo

CCOPERBIO - Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil

CEPA - Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CIAGRO - Centro de Informação do Agronegócio

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

Crop_(oi, BF) - Produção útil das culturas registradas pelo IBGE fixadora de Nitrogênio Atmosférico ou não

Crop_{BFj} - Produção Anual de cada cultura "j" fixadora de Nitrogênio Atmosférico

Crop_{oi} - Produção Anual de cada cultura "i" não fixadora de Nitrogênio Atmosférico

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira

DE_i - Taxa de digestibilidade

DE - Digestibilidade

DNDC - *Decomposition - Denitrification*

E_{CH₄} - Emissão de CH₄ na queima da palha

E_{CO} - Emissão de CO na queima da palha

E_{N₂O} - Emissão de N₂O na queima da palha

E_{NOx} - Emissão de NOx na queima da palha

E_{IF} - Emissão de metano por fermentação entérica

E_{IM} - Emissão de metano por manejo de dejetos, por animal do tipo i

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária

EMBRAPA\CNPMA - EMBRAPA Meio Ambiente

F_{AM} - Quantidade anual de N em adubo orgânicos aplicados intencionalmente aos solos

F_{BN} - Quantidade de N fixado biologicamente por leguminosas

F_c - Emissões anual de CH₄ proveniente de um regime de água específico de cultivo de arroz e para uma determinada adição orgânica

FCR - Quantidade de N em resíduos de colheita que retornam anualmente ao solo

FE - Fator de Emissão

FE₁ - Fator de emissão direta de N₂O aplicado às quantidades de N adicionadas aos solos.

FE₂ - Fator de emissão direta de N₂O de solos orgânicos cultivados

FE₃ - Fator de emissão direta de N₂O para deposição direta de N em pastagens

FE₄ - Fator de emissão de N₂O do N depositado em solos e corpos d'água, originado da volatilização de amônia / NOx de fertilizantes, adubos orgânicos e excretas depositadas em solos

FE₅ - Fator de emissão de N₂O originado da lixiviação e escoamento superficial de fertilizantes, adubos orgânicos e excretas depositados em solos

FE_i - Fator de emissão integrado sazonalmente para uma determinada área colhida

FE_c - Fator de emissão integrado sazonalmente para campos de arroz continuamente inundados sem adições orgânicas

FE_{ik} - Fator de emissão, por animal do tipo i, por região de clima k

FNP - Informa Economics FNP

F_o - fração oxidada de resíduos durante a queima

F_{OS} - Área de solos orgânicos cultivada anualmente

F_p - Quantidade anual de N excretado diretamente na pastagem

F_q - Fração queimada no campo

Frac_{BURN} - Fração de N total dos restos culturais que são queimados, baseado nos dados do Inventário das Emissões de CH₄ e N₂O pela queima de Resíduos Agrícolas

Frac_{BURNi} - Fração da biomassa de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico que é queimada antes ou após a colheita

Frac_{DM} - Conteúdo de matéria seca de cada cultura "i" e "j"

Frac_{DMcrop} - Fração da matéria seca do produto colhido (comercializado)

Frac_{DMres} - Fração da Matéria seca dos resíduos aéreo após a colheita

Frac_{NCR} - Fração de Nitrogênio da matéria seca, para cada uma das culturas registradas pelo IBGE, fixadora de nitrogênio ou não

Frac_{NCRBFj} - Conteúdo de N da parte aérea de cada cultura "j" fixadora de nitrogênio atmosférico

Frac_{NCRResBFj} - Fração de nitrogênio nos resíduos aéreos de culturas fixadoras de nitrogênio atmosférico após a colheita

Frac_{NCRResOi} - Fração de Nitrogênio nos resíduos aéreo de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico

Frac_{NCRoi} - Conteúdo de N da parte aérea de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico

Frag_{Gasf} - Fração de N aplicado como fertilizante que é perdida por volatilização de amônia / NOx

Frag_{Gasf} - Fração de N excretado aplicado em solos agrícolas que é perdida por volatilização de amônia / NOx

Frag_{LEACH} - Quantidade de N perdida por lixiviação/ escoamento Superficial

Frac_{CNST} - Fração de resíduos usados em construções

Frac_{FUEL} - Fração de resíduos usados em combustível

Frac_{FOD} - Fração usada na alimentação animal

F_{SN} - Quantidade anual de N na forma de fertilizantes nitrogenados aplicado aos solos

FSo - Fatores de escala devem variar para os tipos e quantidades de adições orgânicas aplicadas (exemplo: palha de arroz, adubo verde, dejetos animais, composto, e resíduos agrícolas)

FSs - Fator de escala para tipo de solo, se disponível

FSw - Fator de escala para contabilizar as diferenças no ecossistema e o regime de água

FUNARBE - Fundação Arthur Bernardes

GEE - Gás/Gases de Efeito Estufa

GEi - Ingestão diária média de alimento

GWP - Potencial de Aquecimento Global (*Global Warming Potential*)

H - Número de horas trabalhadas por dia

I - Tipo de animal

IAC - Instituto Agrônomo de Campinas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA - Instituto de Economia Agrícola

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima)

IPNI - International Plant Nutrition Institute (Instituto Internacional de Nutrição de Plantas)

LSPA - Levantamento Sistemático de Produção Agropecuária

LUPA - Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária

MC - Massa de carbono emitido

MCF_{jk} - Fator de conversão de metano para o sistema de manejo de dejetos j na região de clima k

MCTI/MCT - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MF - Conteúdo de gordura do leite

MP - Produção de leite

MS - Fração da excreção anual total de cada espécie/ categoria do rebanho T que é manejada no sistema S

MS_{ijk} - Fração de animais do tipo i relacionada ao sistema de manejo de dejetos j na região de clima k

N/C - Relação Nitrogênio-Carbono

N_{AP} - Quantidade de N, efetivamente aplicada

NE_d - Energia líquida necessária para o trabalho

NE_f - Energia líquida necessária para a alimentação

NE_g - Energia líquida necessária para o crescimento

NE_i - Energia necessária para a gestação

NE_i - Energia líquida necessária para a lactação

NE_m - Energia líquida necessária para a manutenção

NE_p - Energia líquida necessária para a gestação

NEPA - Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentos

Nex - Quantidade média anual de N excretada por cabeça de cada espécie/categoria T do rebanho

N_{FERT} - Fertilizantes Nitrogenados

N_{REC} - Quantidade de N que deve ser consumida anualmente por recomendação

PAM - Pesquisa Agrícola Municipal

P - Produção vegetal anual

P_{ik} - População total de animais do tipo i, por região de clima k

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PPM - Pesquisa Pecuária Municipal

PR - Taxa de prenhes considerada para a bovinocultura de leite no país (75%)

R - Relação de resíduos/produção

Re - Fração de resíduo exposto à queima

Rq - Fração de resíduo oxidada

Rs - Matéria seca média no resíduo

Res_{BFj} - Produção anual de resíduos de cada cultura "j" fixadora de nitrogênio atmosférico

Res_{oi} - Produção anual de resíduos de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico

RND - Razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação, trabalho e gestação, para a energia digerível consumida

RND_g - Razão entre a energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida

R_x - Fração de biomassa oxidada

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática

SINDICAL - Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo

SMD - Sistema de Manejo de Dejetos

SV_i - Excreção diária média de sólidos voláteis, por animal do tipo i

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

T_c - Teor de carbono no resíduo TCH_4/N - Taxa de emissão

$T_{CO_2/N}$ - Taxa de emissão

$T_{N_2O/N}$ - Taxa de emissão

$T_{NO_x/N}$ - Taxa de emissão

$T_{N/C}$ - Taxa N-C

UBA - União Brasileira de Avicultura

Lista de Símbolos

C - Carbono	l - Litro
Ca - Cálcio	m ² - Metro Quadrado
CaCO ₃ - Calcário	Mg - Magnésio
CaMg(CO ₃) ₂ - Dolomita	mm - Milímetro
CH ₄ - Metano	ms - Matéria Seca
cm - Centímetro	N - Nitrogênio
CO ₂ - Dióxido de Carbono	N ₂ - Nitrogênio Molecular
CO _{2eq} - Dióxido de Carbono Equivalente	N ₂ O - Óxido Nitroso
g - Grama	NH ₃ - Amônia
Gg - Gigagrama (10 ⁹ g)	NOx - Óxidos de Nitrogênio
H ₂ - Hidrogênio	P - Fósforo
ha - Hectare	t - Tonelada
H ₂ CO ₃ - Bicarbonato	tec - Tonelada Equivalente de Carcaça
kg - Quilograma	Tg - teragrama (10 ¹² g)
H ₂ O - Água	

SUMÁRIO GERAL

Sumário Executivo	25
Referências	31
INTRODUÇÃO	33
PARTE I - PECUÁRIA: FERMENTAÇÃO ENTÉRICA E DEJETOS	37
1 Introdução	43
2 Metodologia	52
3 Dados	57
4 Resultados	65
Referências	71
PARTE II - CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO	75
1 Introdução	79
2 Método	80
3 Dados utilizados	83
4 Resultados	87
5 Considerações Finais	100
Referências	101
PARTE III - QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS	103
1 Introdução	107
2 Metodologia	109
3 Dados utilizados na estimativa da massa de carbono emitido na queima de resíduos agrícolas	111
4 Resultados	115
5 Considerações finais	117
Referências	118
PARTE IV - SOLOS AGRÍCOLAS E MANEJO DE DEJETOS	121
1 Introdução	126
2 Método	127
3 Dados de produção e estimativa das quantidades de nitrogênio	131
4 Considerações finais	149

Referências.....	152
PARTE V - CALAGEM.....	163
1 Introdução.....	167
2 Método.....	168
3 Dados.....	169
4 Resultados.....	171
Referências.....	173



SUMÁRIO EXECUTIVO



Sumário Executivo

A Política Estadual de Mudanças Climáticas

De acordo com a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) assinada em 1992 na Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), as mudanças climáticas globais são relacionadas às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera além da variabilidade climática natural (IPCC, 2007).

Entre as diretrizes da Convenção do Clima, nos artigos 4º e 12º é apresentado o dever da elaboração de inventários periódicos pelos países signatários e que esses devem incorporar as emissões ou remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal.

O Brasil como Parte da Convenção vem elaborando seus inventários periodicamente. Além das obrigações nacionais, observam-se iniciativas de governos subnacionais ou locais relacionadas a essa questão global, como no Estado de São Paulo.

O Governo do Estado de São Paulo, por meio da Lei nº 13.798 de 09 de novembro de 2009 (SÃO PAULO, 2009), instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), regulamentada pelo Decreto nº 55.947 de 24 de junho de 2010 (SÃO PAULO, 2010). No Artigo 6º da lei supracitada estão definidas as diretrizes para a elaboração, a atualização periódica e a publicação de inventários de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros, dos Gases de Efeito Estufa (GEE) não controlados pelo Protocolo de Montreal, com o emprego de métodos comparáveis nacional e internacionalmente (CETESB, 2011). No Inventário de Emissões de GEE do Estado de São Paulo, ampliou-se o escopo legal, incluindo as emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal, os quais apresentam alto potencial de aquecimento global.

O Inventário

O Inventário de Emissões do Setor de Agropecuária é parte integrante da Comunicação Estadual (CETESB, 2011) também composta pela estimativa dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos, Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, e Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos.

A presente publicação “Emissões do Setor de Agropecuária” é produto do contrato estabelecido entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e recursos provenientes do contrato com a Embaixada Britânica, por meio do “Projeto Apoio à Política Climática de São Paulo”. Foram realizadas diversas reuniões envolvendo pesquisadores, especialistas e instituições para que este documento fosse possível.

O inventário contou com a participação fundamental dos especialistas dos subsetores envolvidos para a conclusão dos trabalhos, com a disponibilização de informações técnicas e, em alguns casos, a efetiva elaboração dos inventários.

Estimativas

As divisões dos subsetores definidas pelo IPCC foram respeitadas e, de uma forma geral, os inventários elaborados pelo estado seguiram as mesmas diretrizes do inventário brasileiro como o *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Guidelines 1996; o Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*

– *Good Practice Guidance 2000*, publicado em 2000, e o *2006 IPCC¹ Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Guidelines 2006*.

O levantamento dos dados de atividade e os fatores de emissão foram realizados junto aos subsetores. Na maioria deles, foram empregados fatores de emissão defaults por não existir dados nacionais publicados, respeitando os princípios de transparência, consistência e acurácia preconizados pelo IPCC.

Este relatório apresenta as emissões de 1990 a 2008, porém, existem algumas variações de período de inventário entre os subsetores, detalhadas nos textos específicos, onde ocorrem. Os gases inventariados foram o monóxido de carbono (CO), o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o óxido de nitrogênio (NO_x).

A Tabela 1 apresenta as emissões do inventário para cada subsetor, por tipo de gás para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008.

Tabela 1 - Emissões do Setor de Agropecuária por gás, no Estado de São Paulo, nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008

Setor	Ano	Unidade	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x
Cultivo de Arroz Irrigado	1990	Gg			1,6		
	1994				3,26		
	2000				2,32		
	2005				1,45		
	2008				2,14		
	Var. 1990/2000	%			45		
	Var. 1990/2005				-9,38		
	Var. 1990/2008				33,75		
Calagem	1990	Gg		931			
	1994			2009			
	2000			1462			
	2005			1476			
	2008			1462			
	Var. 1990/2000	%		57,04			
	Var. 1990/2005			58,54			
	Var. 1990/2008			57,04			
Pecuária	1990	Gg			723,94		
	1994				759,01		
	2000				772,69		
	2005				783,82		
	2008				671		
	Var. 1990/2000	%			6,73		
	Var. 1990/2005				8,27		
	Var. 1990/2008				-7,31		

Continua

1 IPCC, sigla de designação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Continuação

Sector	Ano	Unidade	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x
Solos Agrícolas e Manejo de dejetos	1990	Gg				30,76	
	1994					33,57	
	2000					34,67	
	2005					37,79	
	2008					37,8	
	Var. 1990/2000	%				12,71	
	Var. 1990/2005					22,85	
	Var. 1990/2008					22,89	
Queima de Resíduos Agrícolas	1990	Gg	1,288		0,061	0,003	0,109
	1994		1,627		0,077	0,004	0,138
	2000		1,069		0,051	0,003	0,091
	2005		1,482		0,07	0,003	0,126
	2008		1,581		0,075	0,004	0,132
	Var. 1990/2000	%	-17,00		-16,39	0,00	-16,51
	Var. 1990/2005		15,06		14,75	0,00	15,60
	Var. 1990/2008		22,75		22,95	33,33	21,10

Fonte: Adaptado CETESB (2011)

Dentre estas emissões, os gases considerados causadores do efeito estufa são: o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O). Deste modo, as principais fontes de geração de GEE no setor de Agropecuária ocorrem na pecuária, em solos agrícolas e pelo manejo de dejetos. Enquanto as emissões de GEE pelo cultivo de arroz irrigado apresentam nível inferior aos demais.

A Tabela 2 apresenta as emissões totais de GEE em CO_{2eq}, no período de 1990 a 2008.

Tabela 2 - Emissões de GEE do Setor de Agropecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Ano	Cultivo de Arroz Irrigado	Calagem	Pecuária	Solos agrícolas e Manejo de dejetos	Queima de Resíduos Agrícolas	Total
[GgCO _{2eq} .ano ⁻¹]						
1990	33,6	931	15202,74	9534,36	2,22	27693,92
1991	31,92	968	15186,36	9753,53	2,20	27933,01
1992	78,75	1509	15355,83	9972,39	2,35	28910,32
1993	72,45	1589	15690,99	10191,56	2,40	29539,40
1994	68,46	2009	15939,21	10410,42	2,81	30423,90
1995	66,15	1479	16162,86	10466,22	2,82	30172,05
1996	62,79	1512	15838,41	10522,02	2,79	29934,01
1997	59,01	1639	15821,4	10577,82	2,22	30096,45
1998	48,51	1583	15814,68	10540,31	2,23	29986,73
1999	51,87	1410	16156,77	10689,42	2,14	30309,20
2000	48,72	1462	16226,49	10744,91	1,84	30483,96
2001	49,56	1380	16407,3	10938,97	1,97	30778,80
2002	44,73	1408	16610,37	11132,72	2,14	31199,96
2003	45,36	1691	17143,35	11326,78	2,35	32211,84
2004	45,57	1327	16817,85	11520,53	2,40	31717,35

Continua

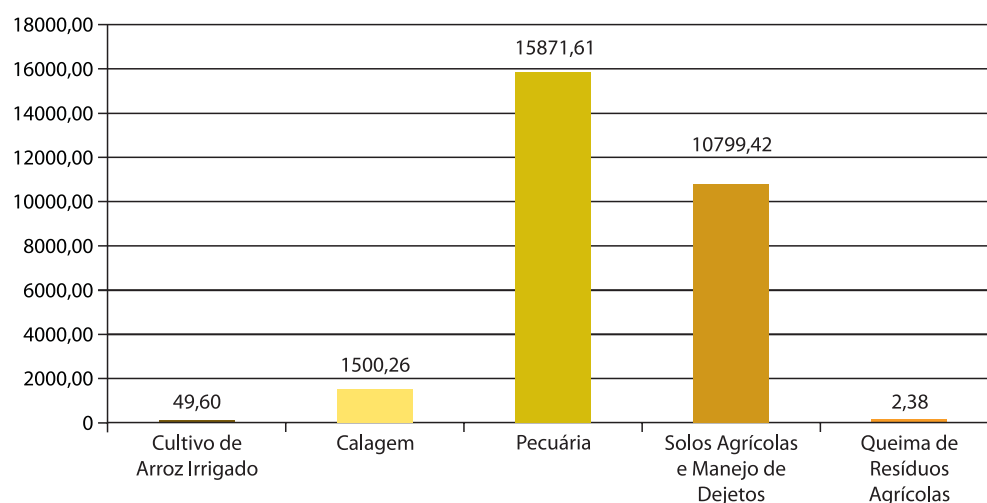
Continuação

Ano	Cultivo de Arroz Irrigado	Calagem	Pecuária	Solos agrícolas e Manejo de dejetos	Queima de Resíduos Agrícolas	Total
[GgCO _{2eq} .ano ⁻¹]						
2005	30,45	1476	16460,22	11714,59	2,56	31688,82
2006	30,24	1805	15870,96	11716,14	2,65	31430,99
2007	29,4	1865	14763,84	11717,38	2,45	30385,07
2008	44,94	1462	14091	11718,93	2,73	29327,60

Fonte: Adaptado CETESB (2011)

O Gráfico 1, a seguir, apresenta as emissões médias de GEE em CO_{2eq} por cada atividade, no período de 1990 a 2008.

Gráfico 1 – Média das emissões de GEE em São Paulo por atividade, entre 1990 e 2008



Fonte: Adaptado CETESB (2011)

A quantidade de emissão de GEE por tipo de gás para os anos de 1990 a 2008 é expressa na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Emissões de GEE por tipo de gás no período de 1990 a 2008 no estado de São Paulo

Ano	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
[Gg.ano ⁻¹]			
1990	725,54	931	30,76
1991	724,68	968	31,47
1992	734,98	1509	32,17
1993	750,64	1589	32,88
1994	762,27	2009	33,59
1995	772,81	1479	33,77
1996	757,2	1512	33,95
1997	756,21	1639	34,13
1998	755,39	1583	34,00
1999	771,84	1410	34,48
2000	775,01	1462	34,66

Continua

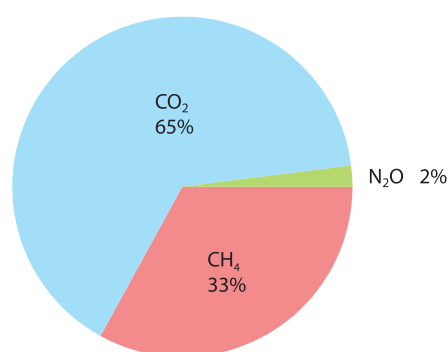
Continuação

Ano	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
[Gg.ano ⁻¹]			
2001	783,66	1380	35,29
2002	793,1	1408	35,91
2003	818,51	1691	36,54
2004	803,02	1327	37,17
2005	785,27	1476	37,79
2006	757,2	1805	37,80
2007	704,44	1865	37,80
2008	673,14	1462	37,81

Fonte: Adaptado CETESB (2011)

O Gráfico 2 apresenta a porcentagem de emissão de GEE por gás, entre 1990 a 2008, no setor de Agropecuária no Estado de São Paulo.

Gráfico 2 – Emissão de GEE por tipo de gás em São Paulo, entre 1990 e 2008



Fonte: Adaptado CETESB (2011)

Percebe-se que a quantidade de N₂O em Gg é relativamente menor do que os demais gases. No entanto, o N₂O possui um potencial de aquecimento global (GWP) muito alto, o que faz tornar a atividade da pecuária, a maior fonte de emissão de CO_{2eq} do setor da Agropecuária.

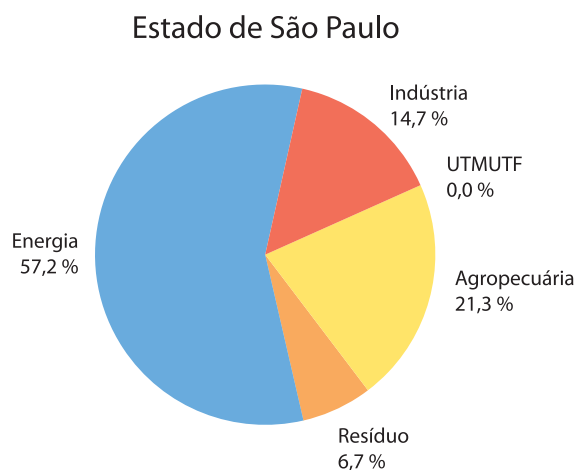
Perfil das emissões antrópicas líquidas do Estado de São Paulo para o Setor de Agropecuária em 2005.

A análise das emissões antrópicas líquidas em nível nacional e as associadas ao Estado de São Paulo permitem identificar o perfil dessas emissões e identificar as categorias onde as ações de mitigação de gases de efeito estufa podem se concentrar. O Gráfico 3 e o Gráfico 4, a seguir, apresentam as contribuições percentuais dos setores componentes da Comunicação Estadual e Nacional: Energia, Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos, Processos Industriais e Uso de Produtos, Agropecuária, e Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas.

Observa-se que a contribuição do Setor de Agropecuária para as emissões estaduais totais foi de aproximadamente 21%² em 2005.

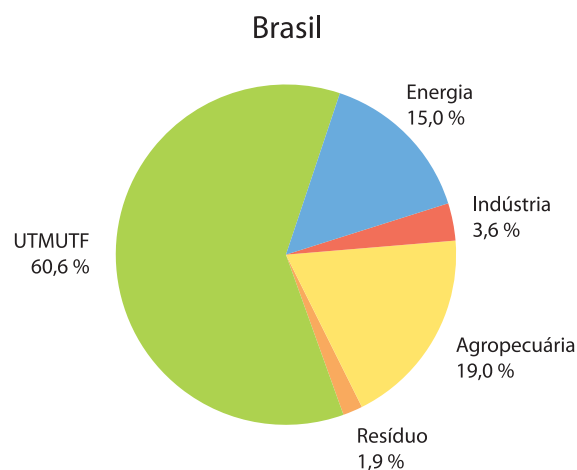
2 Após os processos de revisão para publicação dos cadernos individuais dos Setores (Energia, Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos, Processos Industriais e Uso de Produtos, Agropecuária, e Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas), os percentuais com que cada setor contribui em relação às emissões totais, poderá apresentar uma variação irrelevante.

Gráfico 3 - Emissões de GEE no Estado de São Paulo em 2005



Fonte: CETESB (2011)

Gráfico 4 - Emissões de GEE no Brasil em 2005



Fonte: CETESB (2011)

O Gráfico 3 mostra que as emissões do Estado de São Paulo, em decorrência das atividades desenvolvidas no estado, se concentram no Setor de Energia. Já as emissões do Brasil, conforme o Gráfico 4, representam um perfil de país com grandes extensões territoriais e florestais, onde as maiores emissões são provenientes do Setor de UTMUTF.

Referências

CETESB (São Paulo). **Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo**. 1a Comunicação Estadual. Coordenação João Wagner Silva Alves, Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer; Equipe Mariana Pedrosa Gonzalez, et al. São Paulo, 2.ed., 2011. Disponível em: http://www.ambiente.sp.gov.br/prozonesp/files/2014/02/Primeiro_Inventario_GEE_WEB_Segunda-Edicao-v1.pdf>. Acesso em: jul. 2014.

IPCC. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K. & Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

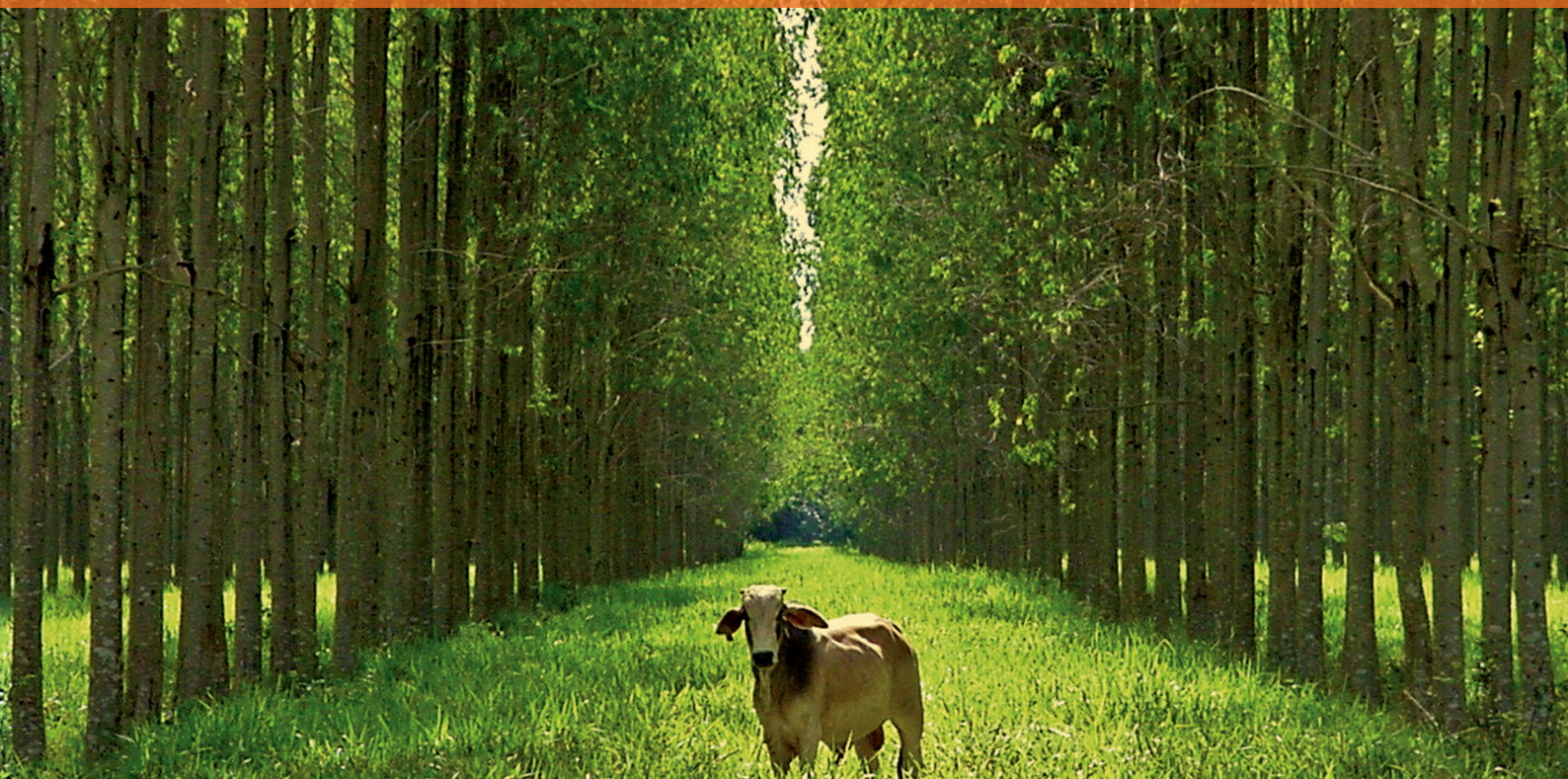
_____. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (Volume 3)**. Bracknell: IPCC, OECD, IEA, 1997. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>>. Acesso em: jul. 2014.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 13.798, de 9 de novembro 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC. **Diário Oficial [DOE] Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, Seção 1, 23 p, 2009. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13798-09.11.2009.html>>. Acesso em: jul. 2014.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 55.947, 24 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 13.798, de 9 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. **Diário Oficial [DOE] Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, Seção 1, v. 120, n. 119, 2010. Disponível em: <<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20100625&Caderno=DOE-I&NumeroPagina=1>>. Acesso em: set. 2014.



APRESENTAÇÃO



INTRODUÇÃO

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) insere-se no contexto estadual de mudanças climáticas por meio do Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo (PROCLIMA).

A Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), Lei nº13.798 de 9 de novembro de 2009, define em seu Artigo 4º, inciso IX, a Comunicação Estadual como documento oficial do governo sobre políticas e medidas abrangentes para a proteção do sistema climático global e instrumento legal que determina a elaboração e publicação de relatórios de referência, como segue.

Conforme o Artigo 28 da PEMC, o PROCLIMA, é responsável pela coordenação das ações estaduais sistemáticas de inventário e pelo acompanhamento do monitoramento de vulnerabilidades e implementação de medidas. Dentro desse contexto o PROCLIMA foi responsável pela coordenação da 1ª Comunicação Estadual (CETESB, 2011) e elaboração de alguns cadernos dessa mesma comunicação.

O Inventário do Setor de Agropecuária é parte integrante da Comunicação Estadual (CETESB, 2011) composta também pela estimativa dos setores de Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos; Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos; e Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas.

Produto do contrato estabelecido entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), a Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE) e a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e recursos provenientes do contrato com a Embaixada Britânica, através do “Projeto Apoio à Política Climática de São Paulo”. Foi desenvolvida a elaboração e revisão técnica dos cadernos, exceto o caderno sobre calagem, realizado pela própria CETESB.

O Inventário de Emissões de GEE do Setor Agropecuária apresenta as estimativas de emissões de GEE reunindo as atividades: cultivo de arroz irrigado, calagem, pecuária, e solos agrícolas e manejo de dejetos.

De uma forma geral, foram empregadas as diretrizes do IPCC como o *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Guidelines 1996*; o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories – Good Practice Guidance 2000*; e o *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Guidelines 2006*.

Os gases estimados no período de 1990 a 2008 foram o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Porém, existem algumas variações de período de inventário entre os subsetores, detalhadas nos textos específicos, onde ocorrem.

A landscape photograph showing rolling green hills under a cloudy sky. In the foreground, a herd of cattle is grazing in a lush green field. A prominent cow with white and brown patches is in the center. Other cows are scattered across the field, some further back near the base of the hills.

PARTE I

A photograph of a herd of goats grazing in a field. The goats are of various colors, including white, brown, and tan. They are scattered across a field of tall green grass. In the background, there is a rustic fence made of vertical wooden sticks. Behind the fence, there are several large, flat-topped cacti and dense green trees.

PECUÁRIA: FERMENTAÇÃO ENTÉRICA E DEJETOS

Ficha Técnica

Coordenação Técnica

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

Elaboração

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

Bruno José Rodrigues Alves - EMBRAPA Agrobiologia

Elton César de Carvalho - bolsista CNPq/Pibic

Colaborador (Consulta Pública)

Airon Magno Aires

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	33
PARTE I - PECUÁRIA: FERMENTAÇÃO ENTÉRICA E DEJETOS	37
1 Introdução	43
1.1 A pecuária no Estado de São Paulo	43
1.2 Bovinos	46
1.2.1 Gado Leiteiro	46
1.2.1.1 Características do gado leiteiro	46
1.2.2 Gado de Corte	47
1.2.2.1 Características gerais da bovinocultura de corte	47
1.2.2.2 Sistemas de produção	47
1.2.2.3 Gado em condição de confinamento	48
1.2.3 Bubalinos	48
1.2.4 Ovinos e caprinos	48
1.2.5 Equinos	50
1.2.6 Asininos e Muares	50
1.2.7 Suínos	50
1.2.8 Aves	51
2 Metodologia	52
2.1 Fermentação entérica	52
2.2 Manejo de esterco	55
3 Dados	57
3.1 Dados censitários da população animal	57
3.2 Dados de sistemas de manejo de dejetos animais	57
3.3 Classificação climática	59
3.4 Parâmetros e fatores de emissão utilizados para as estimativas	59
3.4.1 Bovinos	59
3.4.1.1 Rebanho bovino leiteiro	59
3.4.1.2 Rebanho bovino de corte	60
3.4.2 Suínos	61
3.4.4 Outros animais	62
3.5 Fatores de emissão de metano por fermentação entérica	62

3.5.1	Fermentação entérica	62
3.5.2	Manejo de dejetos.....	63
4	Resultados.....	65

TABELAS

Tabela 1 - Populações de animais 1990 a 2008 no Estado de São Paulo	44
Tabela 2 - Sistemas de manejo de dejetos identificados junto a produtores, categorias do rebanho associadas, e denominação e descrição dos sistemas similares existentes na guia do IPCC.....	57
Tabela 3 - Percentagens dos dejetos produzidos por diferentes componentes do rebanho por sistema de manejo do Estado de São Paulo	58
Tabela 4 - Dados do rebanho leiteiro utilizados nas estimativas relativas ao período 1990 a 1995, 1996-2001 e 2002-2008 para o estado de São Paulo.....	60
Tabela 5 - Dados da pecuária de corte utilizados nas estimativas de emissão de metano	60
Tabela 6 - Fatores de emissão (<i>Tier 2</i>) de CH ₄ para fermentação entérica de gado de corte, machos e jovens no período de 1990 a 2008.....	62
Tabela 7 - Fatores de emissão (<i>Tier 2</i>) de CH ₄ para fermentação entérica de gado de corte - fêmeas, no período de 1990 a 2008	62
Tabela 8 - Fatores de emissão de metano para fermentação entérica de vacas leiteiras no período de 1990 a 2008 (<i>Tier 2</i>)	63
Tabela 9 - Fatores de emissão de metano por fermentação entérica por outras categorias animais (<i>Tier 1</i>), a ser aplicada para o período de 1990 a 2008.....	63
Tabela 10 - Fatores de emissão de CH ₄ para manejo de esterco de gado leiteiro (<i>Tier 2</i>).....	63
Tabela 11 - Fatores de emissão de CH ₄ para manejo de esterco de gado de corte - machos (<i>Tier 2</i>)	64
Tabela 12 - Fatores de emissão de CH ₄ para manejo de esterco de bovinos de corte - fêmeas (<i>Tier 2</i>)	64
Tabela 13 - Fatores de emissão de CH ₄ para manejo de esterco de bovinos de corte - jovens (<i>Tier 2</i>)	64
Tabela 14 - Fatores de emissão de CH ₄ para manejo de esterco de suínos (<i>Tier 2</i>)	64
Tabela 15 - Fatores de emissão de CH ₃ associados a sistemas de manejo de dejetos de outras categorias animais (<i>Tier 1</i>)	64
Tabela 16 - Estimativa de emissões de CH ₄ por fermentação entérica da pecuária paulista, no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	65
Tabela 17 - Estimativa de emissões de CH ₄ por manejo de dejetos da pecuária paulista, no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo	65
Tabela 18 - Emissões totais de metano provenientes da pecuária (fermentação entérica + dejetos animais) no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg)	66
Tabela 19 - Emissões de CH ₄ provenientes da fermentação entérica da pecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	68
Tabela 20 - Emissões de CH ₄ provenientes da pecuária de sistemas de manejo de dejetos animais no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	69

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Proporções das populações animais, excluídas as aves e coelhos, no Estado de São Paulo nos anos de 1990, 2000 e 2008	45
Gráfico 2 - Evolução das populações animais, excluídas as aves e coelhos, no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008	45
Gráfico 3 - Evolução das populações de aves e coelhos no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008	46
Gráfico 4 - Evolução das emissões de metano pela fermentação entérica da pecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	69
Gráfico 5 - Evolução das emissões de metano associados a sistemas de manejo de dejetos da pecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo	70

FIGURAS

Figura 1- Distribuição do rebanho bubalino nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo.....	48
Figura 3- Distribuição do rebanho caprino nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo.....	49
Figura 2- Distribuição do rebanho de ovinos nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo	49
Figura 4- Distribuição do rebanho equino nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo	50
Figura 5- Distribuição municipal das emissões de metano pela pecuária em 2000 no Estado de São Paulo	67
Figura 6- Distribuição municipal das emissões de metano pela pecuária em 2008 no Estado de São Paulo	67

EQUAÇÕES

Equação 1 - Estimativas de CH_4 por fermentação entérica.....	52
Equação 2 - Fatores de emissão FEi.....	52
Equação 3 - Ingestão de energia bruta.....	52
Equação 4 - Energia líquida para manutenção para gado leiteiro.....	53
Equação 5 - Energia líquida para manutenção para demais bovinos	53
Equação 6 - Energia líquida necessária para a alimentação para gado leiteiro	53
Equação 7 - Energia líquida necessária para a alimentação para demais bovinos	53
Equação 8 - Energia necessária para a lactação.....	53
Equação 9 - Energia necessária para o trabalho	54
Equação 10 - Energia necessária para a gestação.....	54
Equação 11 - Energia líquida para o crescimento	54
Equação 12 - Razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação, trabalho e gestação, para a energia digerível consumida	54
Equação 13 - razão entre a energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida	54
Equação 14 - Emissão de CH_4 pelo manejo de dejetos	55
Equação 15 - Fator de emissão FEik	55
Equação 16 - Excreção de sólidos voláteis	55

1 Introdução

Este relatório apresenta as estimativas de emissões de metano (CH_4) provenientes da pecuária para o período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.

A pecuária contribui com emissões de metano por meio da fermentação entérica e pelo manejo de dejetos animais. A produção de metano é parte do processo digestivo normal dos herbívoros ruminantes e ocorre em parte do seu estômago compartimentado (rúmen e retículo). A fermentação do material vegetal ingerido no rúmen é um processo anaeróbio efetuado pela população microbiana ruminal, em que os carboidratos celulósicos são convertidos em ácidos graxos de cadeia curta (ácido acético, ácido propiônico e principalmente, ácido butírico) os quais são utilizados pelo animal como fonte de energia. Bactérias metanogênicas, presentes no rúmen, obtêm energia para seu crescimento utilizando hidrogênio (H_2) para reduzir o dióxido de Carbono (CO_2) e formar metano (CH_4), o qual é eructado ou exalado para a atmosfera (BRASIL-MCT, 2006).

No caso de herbívoros não ruminantes (cavalos, mulas e asnos), o metano também é produzido durante a decomposição digestiva dos compostos ingeridos no ceco, mas com a ausência de rúmen nestas espécies não há geração de altas quantidades desse gás como ocorre nos ruminantes. A contribuição de animais monogástricos às emissões globais de metano é considerada negligenciável, representando apenas cerca de 5% das emissões totais de metano por animais domésticos e silvestres (JENSEN, 1996 *apud* BRASIL, 2010).

Quando o material orgânico dos dejetos animais é decomposto sob condições anaeróbias, quantidades consideráveis de metano podem ser produzidas por meio da ação das bactérias metanogênicas. Essas condições são favorecidas quando os dejetos são estocados na forma líquida (em lagoas, charcos e tanques).

As estimativas globais de emissões de metano proveniente de resíduos animais apontam para 25 Tg¹, aproximadamente, variando entre 20 Tg a 40 Tg (IPCC, 1995).

Devido às características da pecuária conduzida a pasto no Estado de São Paulo, as lagoas de tratamento anaeróbio constituem uma fração pequena como sistema de manejo de dejetos. Os resíduos dos animais depositados na pastagem secam e decompõem-se no campo, de modo que são esperadas quantidades mínimas de emissão de CH_4 a partir dessa fonte.

1.1 A pecuária no Estado de São Paulo

De acordo com a base de dados da Produção Pecuária Municipal (PPM) do IBGE, em 1990, não considerando as populações de aves e coelhos, 78,9% da pecuária no Estado de São Paulo eram representadas por bovinos, seguidos de suínos (13,0%), equinos (3,9%) e ovinos (1,5%). Em 2008, estas proporções foram de 80,5% de bovinos, 12,2% de suínos, 3,3% de ovinos e 2,8% de equinos. Nesse ano, apenas 0,5% dos efetivos animais eram representados por caprinos, 0,4% por bubalinos, 0,3% por muares, e 0,04% por asininos. Na Tabela 1 são apresentados os números de cabeças por ano e por tipo de animal. No Gráfico 1, apresentam-se as proporções destes rebanhos, para os anos de 1990, 2000 e 2008. A evolução dos números de rebanhos no Estado de 1990 a 2008 é apresentada no Gráfico 2 (bovinos, equinos, bubalinos, muares, asininos, ovinos e suínos) e no Gráfico 3 (aves e coelhos).

1 1Tg = 1012g

Tabela 1 - Populações de animais 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Ano	Bovinos	Equinos	Bubalinos	Asininos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos	Galinhas
[número de animais]										
1990	12.262.909	611.563	67.990	5.739	220.805	2.027.007	109.693	238.746	58.487.724	35.204.005
1991	12.261.609	609.406	65.975	7.035	203.415	2.081.405	107.740	232.993	61.424.959	36.932.843
1992	12.394.312	624.281	64.555	6.970	195.548	2.035.986	105.549	224.187	63.879.373	38.205.617
1993	12.690.148	614.822	64.169	8.640	183.229	2.014.936	106.583	217.127	66.320.316	36.118.765
1994	12.973.841	621.459	62.633	7.615	170.385	2.098.958	101.247	209.579	68.462.626	36.657.528
1995	13.148.133	615.141	62.729	8.596	163.267	2.142.888	102.085	223.639	78.765.024	38.298.829
1996	12.797.505	580.577	57.314	6.133	93.016	1.849.226	64.904	257.430	97.749.481	37.175.041
1997	12.826.949	563.892	53.370	6.662	101.446	1.834.568	75.517	239.361	114.444.923	38.196.999
1998	12.753.030	553.335	53.214	6.517	94.431	1.934.269	74.625	229.100	111.734.885	38.238.453
1999	13.068.672	539.257	55.691	6.514	87.292	1.913.372	72.920	232.745	113.096.739	40.706.436
2000	13.091.946	542.278	56.255	7.022	85.843	1.902.275	70.372	233.681	106.465.342	39.550.876
2001	13.257.952	539.522	58.956	7.065	83.806	1.903.813	69.650	252.897	109.780.168	38.937.956
2002	13.700.785	531.939	56.961	7.110	80.081	1.845.427	69.621	257.501	109.372.779	38.371.975
2003	14.046.426	515.572	69.105	7.192	79.538	1.709.256	71.730	287.722	115.392.701	39.263.290
2004	13.765.873	500.177	70.636	7.131	78.254	1.698.619	72.944	303.288	116.933.990	40.467.758
2005	13.420.780	493.919	71.736	6.717	76.291	1.706.862	75.325	344.919	133.671.738	39.178.664
2006	12.790.383	472.835	71.358	6.338	74.419	1.727.955	75.772	378.067	139.804.295	40.343.976
2007	11.790.564	421.654	67.229	5.683	54.360	1.724.228	69.554	415.431	168.911.053	39.691.881
2008	11.185.556	382.707	61.286	4.891	44.902	1.691.356	62.988	455.098	184.117.165	42.780.691

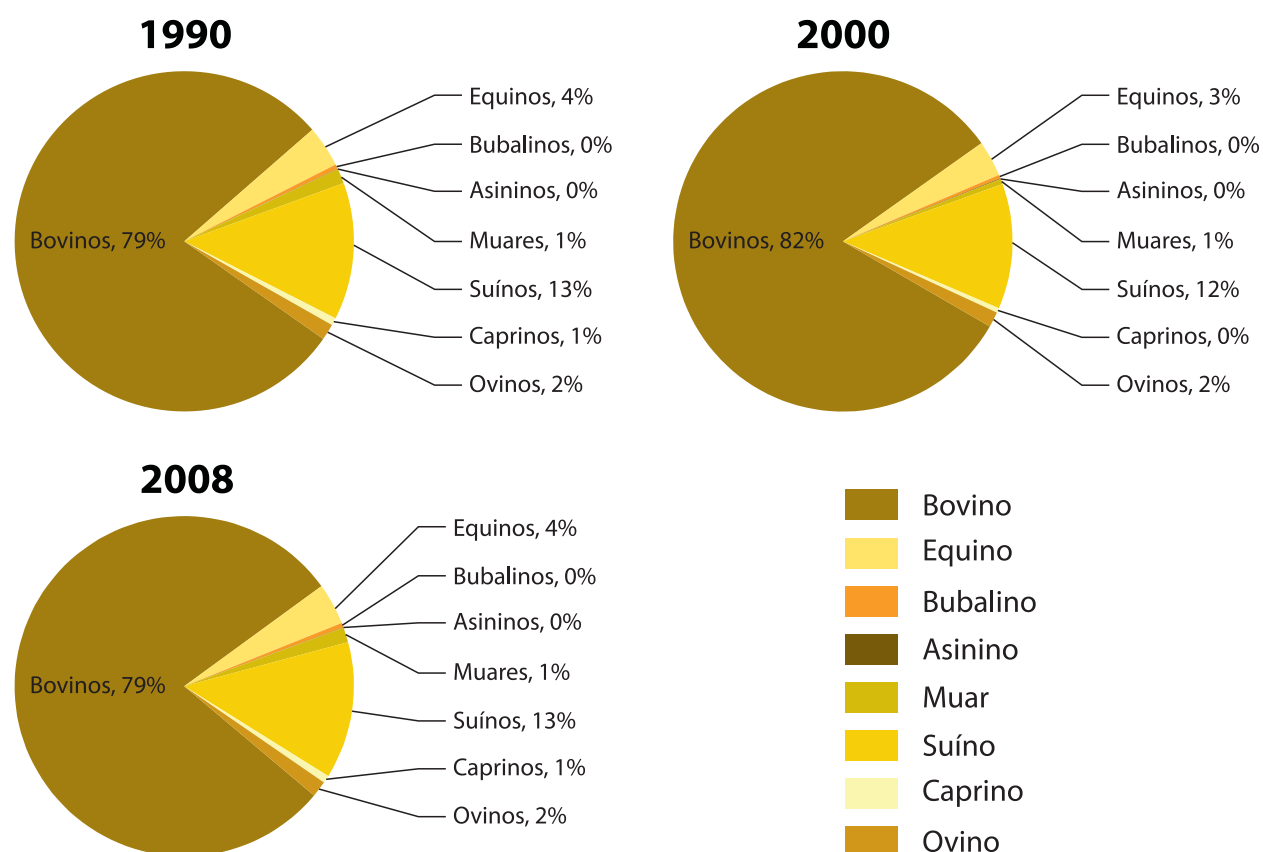
Fonte: IBGE (2014)

De 1990 a 2008 observa-se aumento nos números de efetivos de aves e de ovinos. O número de bovinos, que vinha crescendo relativamente até 2003, sofreu uma redução de quase 3 milhões de cabeças desde então. Os números efetivos de suínos, caprinos, muare e equinos mostram uma queda quase que contínua de 1990 até 2008.

Em 1990 a área de pastagem no Estado de São Paulo foi estimada pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) em 10.181.118,00 hectares (PINO, 1997), dos quais 23,4% correspondiam a pastagens naturais e 76,6% a pastagens cultivadas. Em 2000, a área estimada de pastagem foi de 10.168.794 hectares, dos quais 16,1% correspondiam a pastagens naturais e 82,9% a pastagens cultivadas, sendo o restante reservado a capim para semente (1%). Em 2008, verificou-se uma significativa redução da área de pastagem para 8.417.896,65 hectares, dos quais 16% correspondiam a pastagens naturais e 83,3% a pastagens cultivadas, sendo o restante reservado a capim para semente (0,7%).

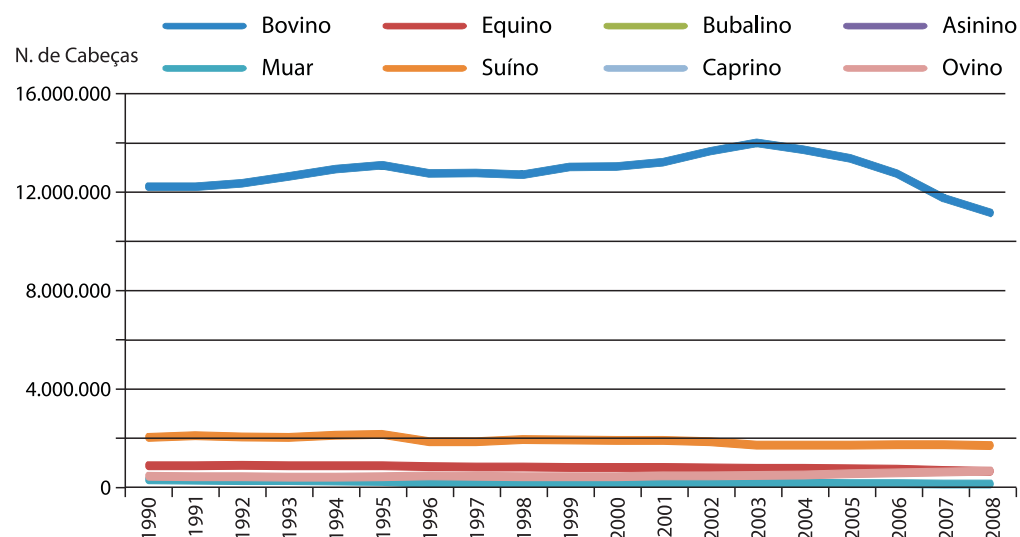
Do total da área de pastagem, 10.274.801,20 hectares, o Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo - LUPA de 1995/1996 (PINO et al., 1997) estimou em 7.607.461,90 hectares a área plantada com braquiária, representando 74,03% das pastagens. O capim colômbio representava 3,9% do total de área destinada à pastagem, o capim napier 1,16% e o capim jaraguá 0,6%. Em relação aos dados publicados pelo LUPA de 2007/2008 (TORRES et al., 2009), verificou-se uma redução de 21,4% na área de pastagem em relação aos dados de 1995/1996, totalizando 8.072.849 hectares. Deste total, a área plantada com Braquiária, estimada em 7.189.788,60 hectares, correspondeu a 89,1%, enquanto o Capim Colômbio correspondeu a 2,6% da área de pastagem, com 210.114,75 hectares, além de espécies de gramíneas com 3,3% e outras gramíneas com 3,1% da área.

Gráfico 1 - Proporções das populações animais, excluídas as aves e coelhos, no Estado de São Paulo nos anos de 1990, 2000 e 2008



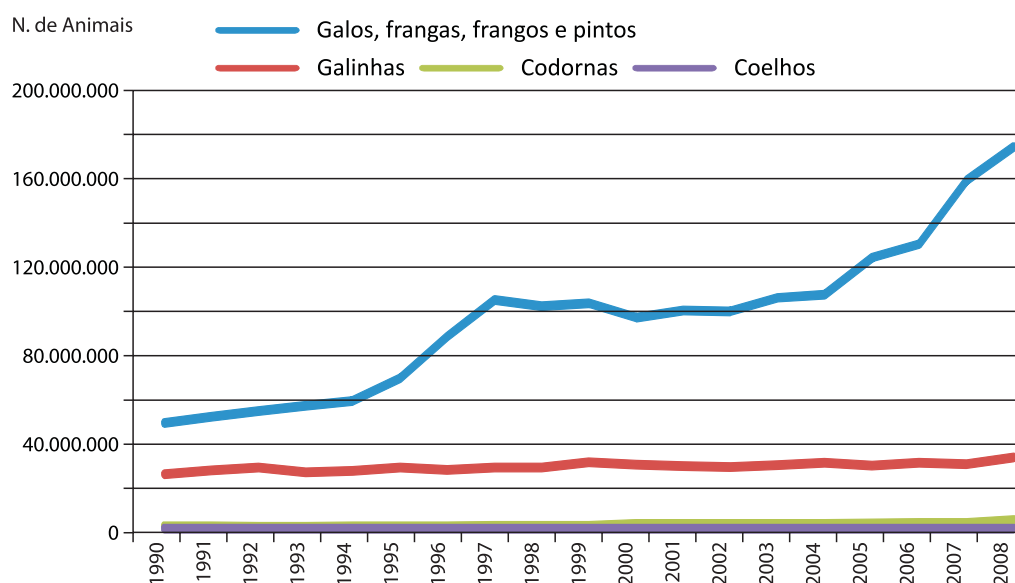
Fonte: IBGE (2014)

Gráfico 2 - Evolução das populações animais, excluídas as aves e coelhos, no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008



Fonte: IBGE (2014)

Gráfico 3 - Evolução das populações de aves e coelhos no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008



Fonte: IBGE (2014)

1.2 Bovinos

As populações de bovinos foram extraídas da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o período de 1990 a 2008 (IBGE, 2014). As estatísticas sobre os efetivos de bovinos e de produção de leite da CATI (SÃO PAULO, 2008) e do IBGE (2014) apresentam diferenças nos números de populações. Optou-se neste relatório por utilizar as estatísticas do IBGE.

1.2.1 Gado Leiteiro

Segundo a PPM do IBGE (IBGE, 2014), no Estado de São Paulo o número de vacas ordenhadas era composto de 2.144.345 cabeças em 1990, diminuindo para 1.426.402 cabeças em 2008. A produção de leite foi estimada em 1.588.943 mil litros em 2008, correspondendo a uma produtividade de $3,03 \text{ L}(\text{dia.vaca})^{-1}$ aproximadamente 13% inferior à média brasileira, estimada em $3,50 \text{ L.dia.vaca}^{-1}$, para um rebanho total de 21,6 milhões de cabeças.

Historicamente, de acordo com Drugowich et al. (2010), a pecuária leiteira no Estado de São Paulo concentrou-se nas regiões de Franca, Ribeirão Preto, Campinas e Vale do Paraíba. Na última década, segundo os autores, observa-se uma tendência de concentração de um rebanho mais especializado em produção leiteira, empregando forragens mais exigentes e adaptadas às condições edafoclimáticas e, por conseguinte, mais produtivas, além da adoção da prática da divisão de pastagens, através de piquetes pequenos, onde se pode manejar o rebanho por curtos espaços de tempo em alta lotação.

Segundo dados do IBGE (2014), em 2008 o maior número de produtores de leite no Estado estava localizado nas regiões de São José do Rio Preto, Vale do Paraíba, Campinas, Araçatuba, Ribeirão Preto, Presidente Prudente e Bauru.

1.2.1.1 Características do gado leiteiro

O rebanho leiteiro estadual é representado pelo “gado mestiço”, obtido do cruzamento da raça Zebuína com a raça Holandesa. As raças Girolando e Gir Leiteiro são as mais importantes dentro

deste contexto, além dos sistemas com confinamento parcial ou total com a raça Holandesa pura.

Em São Paulo, a raça Girolando predomina em 66,7% das propriedades sendo que nas 33,3% restantes prevalecem animais de raças europeias. Segundo Rosolen (2006), os produtores de leite que utilizam inseminação artificial somam 39,2% do total. Quanto à alimentação do rebanho, são expressivas as propriedades que fornecem concentrados (68,9%), forrageiras (72,3%) e pasto (80,4%). O uso de sal mineral atingiu 91,9% e de sal comum 73,0% (ROSOLEN, 2006).

1.2.2 Gado de Corte

Com base nas estimativas da Produção de Pecuária Municipal do Brasil (PPM) do IBGE (2014) o país possuía em 2000 um total de 151.990.505 cabeças de gado, descontadas as vacas leiteiras.

1.2.2.1 Características gerais da bovinocultura de corte

O Estado de São Paulo é o maior produtor de carne bovina do Brasil. Em 2000 produziu 937.040 tec², seguido do estado do Mato Grosso do Sul (755.337 tec), de Minas Gerais (707.809 tec), Goiás (592.814 tec), do Mato Grosso (561.851 tec) e do Rio Grande do Sul (527.558 tec) (FNP, 2008).

O rebanho bovino é composto predominante por raças Zebuínas (*Bos indicus*). O gado Zebuino, de origem indiana, destaca-se por sua rusticidade, podendo ser diferenciado do gado Taurino pela presença do cupim na região da cernelha. A principal raça utilizada no país é a Nelore, constituindo cerca de 90% dos animais de origem indiana.

Há dez anos, a taxa de desfrute no estado era de aproximadamente 15%. Atualmente, esta taxa encontra-se em 24%, com abate de animais mais jovens e, por consequência, apresentando uma melhor qualidade do produto. Uma das ações empreendidas para este aumento foi a expansão da raça Brahman, sendo esta utilizada para o enriquecimento genético da raça Nelore, cujo cruzamento permite diminuir em até dois anos o abate, com ganho de duas arrobas por animal (SILVEIRA, 2007). O estado responde por 60% das exportações de carne bovina, sendo que 70% do gado engordado provêm de outros estados (SILVEIRA, 2007).

1.2.2.2 Sistemas de produção

Os sistemas de produção de bovinos de corte são classificados por Cezar et al. (2005) em extensivos, semi-intensivos e intensivos.

Os sistemas extensivos de pastagens são caracterizados pela utilização de pastagens nativas e cultivadas, como as únicas fontes de alimento energético e protéico. Estas pastagens são normalmente deficientes em fósforo, zinco, sódio, cobre, cobalto e iodo, incluindo-se também enxofre e selênio, todos fornecidos via suplementos minerais (CEZAR et al. 2005).

As forrageiras mais comumente utilizadas são: capim-braquiária, capim-colonião, capim-tanzânia, capim-tobiatã, capim-mombaça, capim-coastcross, capim-estrela e capim-tifton. Pode-se assumir uma taxa de digestibilidade na faixa de 50% a 55% para as pastagens nativas e de 55% a 60% para as pastagens plantadas. No pastejo rotativo essa taxa pode superar 60%, chegando a 65%. Para gado confinado, a taxa de digestibilidade tende a ser superior a 65% (BRASIL-MCT, 2006). Considerando uma média de coeficiente de digestibilidade de 52,5% para

2 toneladas equivalente-carcaça

pastagens nativas e uma média de 57,5% para pastagens cultivadas. Estimou-se, para fins deste Relatório de Referência, um valor médio de 55% de taxa de digestibilidade para o gado de corte a pasto no Estado de São Paulo (BRASIL-MCT, 2010).

1.2.2.3 Gado em condição de confinamento

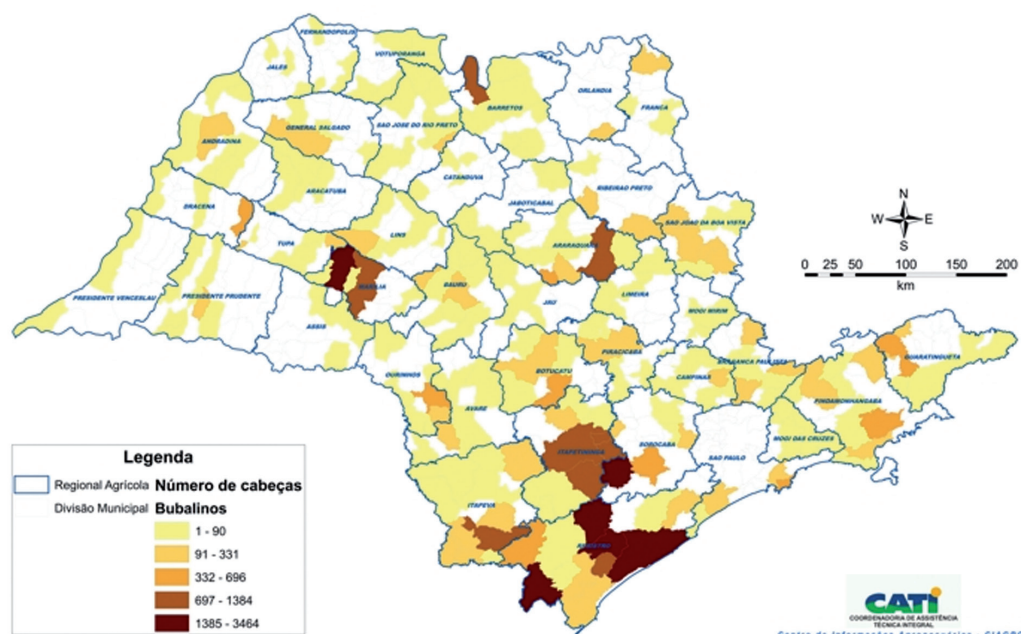
O Estado de São Paulo possuía em 2005 o maior rebanho bovino confinado do país, com 598.000 cabeças, seguido de Goiás com 352.000 cabeças, Mato Grosso com 308.000 cabeças, Mato Grosso do Sul com 304.000 cabeças, e Minas Gerais com 158.000 cabeças (FNP, 2007).

A terminação de bovinos para corte é predominantemente realizada em pastagens, sendo que Lanna & Almeida (2005) estimam que 90% dos nutrientes consumidos pelos bovinos provêm do pastejo.

1.2.3 Bubalinos

Os búfalos (*Bubalus bubalis*) pertencem à sub-família Bubalina (compreendendo os búfalos asiáticos) da família Bovidae (COCKRILL, 1974). A produção de leite de búfala e derivados concentra-se mais no Estado de São Paulo, em relação a outros estados do país, devido à maior concentração do mercado consumidor (GONÇALVES, 2008). Dados da PPM do IBGE (2014) mostram que em 1990 existiam 67.990 cabeças de búfalos no Estado de São Paulo, reduzindo para 61.394 cabeças em 2008. Na Figura 1 apresenta-se a distribuição do rebanho bubalino no Estado de São Paulo nos anos de 2007 e 2008 (SÃO PAULO, 2008).

Figura 1- Distribuição do rebanho bubalino nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo

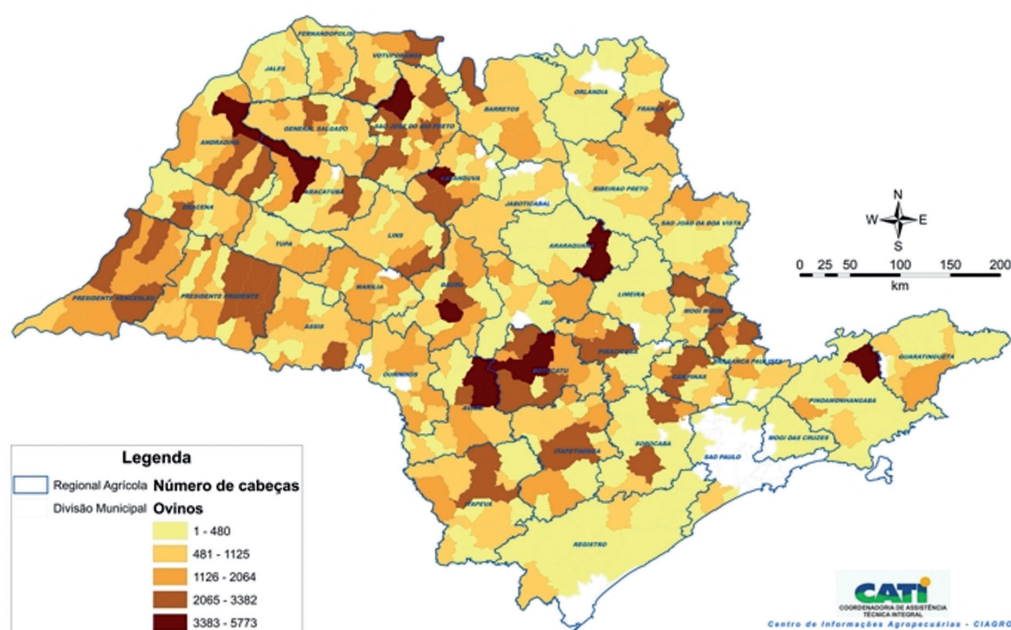


Fonte: (São Paulo, 2008)

1.2.4 Ovinos e caprinos

Dados da PPM do IBGE (2014) indicam que em 1990 existiam 238.746 cabeças de ovinos no Estado de São Paulo, aumentando para 453.261 cabeças em 2008, cerca de 3,3% das populações de animais no estado, excluídas as aves e coelhos. O rebanho apresenta baixo nível de produção, com criações em sistema extensivo e quase nenhuma aplicação de tecnologia. Na Figura 2 apresenta-se a distribuição do rebanho ovino em 2007/2008 no Estado de São Paulo, segundo São Paulo (2008).

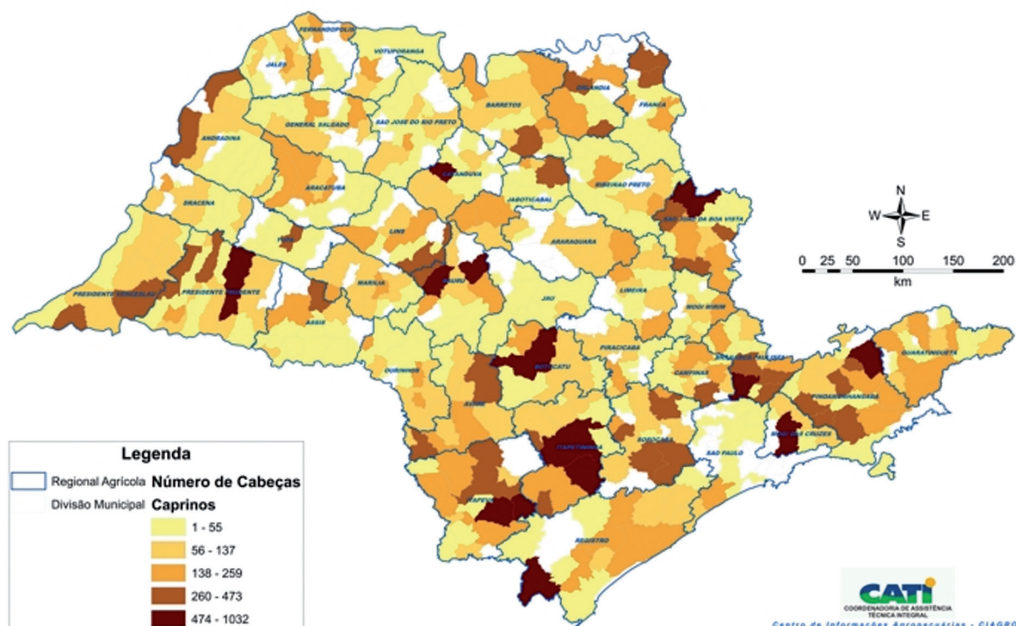
Figura 2- Distribuição do rebanho de ovinos nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo



Fonte: (São Paulo, 2008)

O rebanho caprino no Estado é pequeno, sendo estimado pela PPM do IBGE (2014) em apenas 109.693 cabeças em 1990 (0,7% das populações de animais, excluídas aves e coelhos), caindo para 63.194 cabeças em 2008 (0,5% das populações de animais, excluídas aves e coelhos). Na Figura 3 apresenta-se a distribuição do rebanho caprino em 2007/2008 no Estado de São Paulo, segundo dados da (SÃO PAULO, 2008).

Figura 3- Distribuição do rebanho caprino nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo

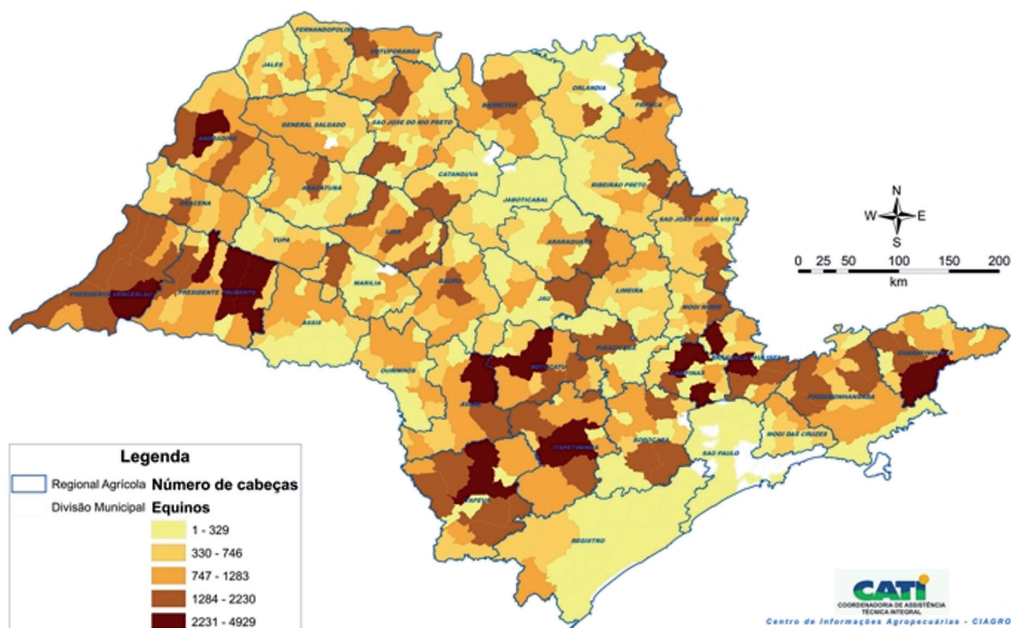


Fonte: (São Paulo, 2008)

1.2.5 Equinos

Dados da PPM do IBGE (2014) estimavam 611.563 cabeças de equinos em 1990, o que representava 3,9% das populações de animais no Estado, excluindo as aves e coelhos, reduzindo para 382.227 cabeças em 2008, representando 2,8% das populações de animais, excluindo as aves e coelhos. Em 2008, o rebanho paulista correspondeu a 9,3% do rebanho equino nacional. A distribuição do rebanho equino em 2007 e 2008 é apresentada na Figura 4, segundo dados da CATI (São Paulo, 2008).

Figura 4- Distribuição do rebanho equino nos anos de 2007 e 2008 no Estado de São Paulo



1.2.6 Asininos e Muares

O rebanho asinino foi estimado em 5.739 cabeças em 1990, representando a 0,04% das populações de animais no Estado, excluindo as aves e coelhos. O rebanho era mais reduzido em 2008, com 4.891 cabeças (IBGE, 2014).

A raça predominante é a do Jumento Paulista, originada no Estado de São Paulo. As pelagens mais comuns são a avermelhada, tordilha e baia. Há uma semelhança com o Pêga, no que diz respeito ao porte físico e altura e à sua aptidão para o trabalho, sendo utilizado para montaria, carga ou tração.

O rebanho estadual de muares foi estimado em 220.805 cabeças em 1990, reduzindo-se para apenas 44.865 cabeças em 2008 (IBGE, 2014), passando o rebanho a representar, respectivamente, 1,4% a 0,3% das populações de animais no Estado, excluindo as aves e coelhos.

1.2.7 Suínos

Em 1990 o rebanho de suínos foi estimado pela PPM do IBGE (2014) em 2.027.007 cabeças, representando 13% das populações de animais no estado, excluindo as aves e coelhos, reduzindo-se para 1.691.356 cabeças em 2008, 12,2% das populações de animais. Em 2008, o rebanho estadual representava 4,6% do rebanho nacional, excluindo as aves e coelhos.

A média do efetivo suinícola apresenta-se com nível tecnológico de 2 partos(ano.porca)⁻¹, 18 leitões terminados (porca.ano)⁻¹, e o peso médio das carcaças foi estimado em 79 kg em 2007 (MIELE & MACHADO, 2007).

1.2.8 Aves

Quando considerado o conjunto de galos, frangos, frangas, pintos, galinhas e codornas observa-se os dados da PPM do IBGE (2014) que o Estado de São Paulo apresentava em 1990 um total de 94.865.773 aves, sendo 58.487.724 galos, frangos, frangas e pintos (equivalendo a 61,7%), 35.204.005 galinhas (37,1%) e 1.174.044 codornas (1,2%). Em 2008, o rebanho passou a um total de 235.238.260 aves, sendo 188.502.595 galos, frangos, frangas e pintos (grupo equivalente a 80,1%), 42.780.691 galinhas (18,2%) e 3.954.974 codornas (1,7%).

2 Metodologia

As emissões de CH₄ geradas pela pecuária no Estado de São Paulo foram estimadas para o período de 1990 a 2008 com base no Manual de Referência do Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática - IPCC de 1996 revisado (IPCC, 1996) e no Guia de Boas Práticas e Tratamento de Incertezas de Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2000). As árvores de decisões para orientação do uso da metodologia se encontram no Anexo 1 e no Anexo 2.

2.1 Fermentação entérica

Segundo o IPCC (1996), as estimativas de emissões de metano (CH₄) proveniente da fermentação entérica, na abordagem *Tier 1* são baseadas na Equação 1:

Equação 1 - Estimativas de CH₄ por fermentação entérica

$$E_i = \sum FE_i \cdot P_i \cdot 10^{-6}$$

Onde:

E _i	Emissão de CH ₄ por fermentação entérica	[Gg _{CH₄} .ano ⁻¹]
FE _i	Fator de emissão	[kg _{CH₄} .(cabeça.ano) ⁻¹]
P _i	População total de animais	[cabeça]
10 ⁻⁶	Conversão de kg para Gg	[adimensional]
i	Tipo de animal	[adimensional]

A metodologia *Tier 1* foi utilizada para os rebanhos de bubalinos, ovinos, caprinos, equinos, muares, asininos e suínos.

Para o gado bovino, devido à importância das emissões, a população foi dividida em gado de leite e gado de corte, e este ainda em machos adultos, fêmeas adultas e jovens, sendo utilizada a metodologia *Tier 2* para o cálculo de fatores de emissão FE_i, como descrita a seguir.

Equação 2 - Fatores de emissão FE_i

$$FE_i = GE_i \cdot Y_m \cdot C_1 \cdot C_2^{-1}$$

Onde:

FE _i	Fator de Emissão	[kg _{CH₄} .(cabeça.ano) ⁻¹]
GE _i	Ingestão de energia bruta	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
Y _m	Taxa de conversão de metano	[adimensional]
C ¹	365	[dia.ano ⁻¹]
C ²		[MJ.(kg) ⁻¹]

Equação 3 - Ingestão de energia bruta

$$GE = \left[\frac{NE_m + NE_f + NE_l + NE_d + NE_p \cdot 100/DE}{RND + NE_g/RND_g} \right]$$

Onde:

GE	Ingestão de energia bruta	[MJ.dia ⁻¹]
NE _m	Energia líquida necessária para a manutenção	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
NE _f	Energia líquida necessária para a alimentação	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]

NE _l	Energia líquida necessária para a lactação	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
NE _d	Energia líquida necessária para o trabalho	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
NE _p	Energia líquida necessária para a gestação	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
NE _g	Energia líquida necessária para o crescimento	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
RND	Razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação, trabalho e gestação, para a energia digerível consumida	[adimensional]
RND _g	Razão entre a energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida	[adimensional]
DE	Digestibilidade	[%]

A energia líquida requerida para manutenção NE_m é avaliada pela Equação 4 e Equação 5:

Equação 4 - Energia líquida para manutenção para gado leiteiro

$$NE_m = 0,335 \cdot W^{0,75}$$

Equação 5 - Energia líquida para manutenção para demais bovinos

$$NE_m = 0,322 \cdot W^{0,75}$$

Onde:

NE _m	Energia líquida necessária para a manutenção	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
W	Peso do animal	[Kg]

A energia líquida necessária para a alimentação NE_f é avaliada como uma fração da energia requerida para a manutenção de acordo com a Equação 6 e a Equação 7:

Equação 6 - Energia líquida necessária para a alimentação para gado leiteiro³

$$NE_f = 0,17 \cdot NE_m$$

Equação 7 - Energia líquida necessária para a alimentação para demais bovinos

$$NE_f = 0,37 \cdot NE_m$$

Onde:

NE _f	Energia líquida necessária para a alimentação	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
-----------------	---	----------------------------------

A energia líquida necessária para a lactação NE_l é avaliada apenas para fêmeas pela Equação 8:

Equação 8 - Energia necessária para a lactação

$$NE_l = MP \cdot 1,47 + 0,40 \cdot MF$$

Onde:

NE _l	Energia necessária para a gestação	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
MP	produção de leite	[kg.(cabeça.dia) ⁻¹]
MF	conteúdo de gordura do leite	[%]

3 Assumiu-se neste relatório que as pastagens para gado bovino leiteiro possuíam melhor qualidade em relação ao gado de corte, por receberem suplementação, especialmente na estação seca.

A energia líquida empregada em trabalho (tração animal) é dada pela Equação 9:

Equação 9 - Energia necessária para o trabalho

$$NE_d = 0,10 (NE_m \cdot H)$$

Onde:

NE _d	Energia líquida necessária para o trabalho	[MJ.(cabeça.dia) ⁻¹]
H	número de horas trabalhadas por dia	[h]

Para o gado bovino do Estado de São Paulo o valor para H foi estimado em zero.

A energia líquida necessária para a gestação (NE_p) é avaliada apenas para fêmeas, como uma fração da energia líquida necessária para a manutenção, pela seguinte equação:

Equação 10 - Energia necessária para a gestação

$$Ne_p = 0,075 \cdot NE_m \cdot PR \cdot (100)^{-1}$$

Onde:

PR	taxa de prenhez da bovinocultura de leite no país (75%)	[%]
----	---	-----

A energia líquida necessária para o crescimento (NE_g) é avaliada apenas para bovinos jovens, pela seguinte equação:

Equação 11 - Energia líquida para o crescimento

$$NE_g = 4,18 \cdot \left[(0,035 \cdot W^{0,75}) \cdot WG^{1,119} \cdot WG \right]$$

Onde:

W	Peso do animal	[kg.cabeça ⁻¹]
WG	ganho de peso do animal jovem	[kg.(cabeça.dia) ⁻¹]

Conforme o IPCC (1996), os valores de RND e RND_g podem ser obtidos utilizando a Equação 12 e Equação 13:

Equação 12 - Razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação, trabalho e gestação, para a energia digerível consumida

$$RND = 0,298 + (0,0035 \cdot DE)$$

Equação 13 - razão entre a energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida

$$RND_g = -0,036 (0,00535 \cdot DE)$$

Onde:

RND	Razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação, trabalho e gestação, para a energia digerível consumida	[adimensional]
RND _g	Razão entre a energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida	[adimensional]
DE	Digestibilidade	[%]

2.2 Manejo de esterco

De acordo com o IPCC (1996), as estimativas de metano proveniente do manejo de dejetos, na abordagem *Tier 1*, são baseadas na seguinte equação:

Equação 14 - Emissão de CH₄ pelo manejo de dejetos

$$Ei = \sum (FE_{ik} \cdot P_{ik}) / 10^6$$

Onde:

Ei	emissão de metano por manejo de dejetos, por animal do tipo i	[GgCH ₄ .ano ⁻¹]
FE _{ik}	fator de emissão, por animal do tipo i, por região de clima k	[kgCH ₄ .(cabeça.ano) ⁻¹]
P _{ik}	população total de animais do tipo i, por região de clima k	[Cabeça]
10 ⁶	Conversão de kg para Gg	[Gg.10 ⁶ kg ⁻¹]

A metodologia *Tier 1* foi utilizada para os rebanhos de bubalinos, ovinos, caprinos, eqüinos, muares e asininos.

Para as categorias bovino e suíno, devido à importância das emissões, foi utilizada a metodologia *Tier 2* por meio da qual são calculados os fatores de emissão FE_{ik}, sendo que a população de bovinos foi dividida em gado de leite e gado de corte, e este ainda em machos adultos, fêmeas adultas e jovens. A metodologia é baseada na seguinte equação:

Equação 15 - Fator de emissão FE_{ik}

$$FE_{ik} = VS_i \cdot Bo_i \cdot \sum_j (MCF_{jk} \cdot MS_{ijk} / 10^4) \cdot 365 \text{ dias/ano} \cdot 0,67 \text{ kg} \cdot CH_4 / m^3 CH_4$$

Onde:

FE _{jk}	Fator de emissão anual para uma população animal i, por região de clima k	[kg ⁻¹]
VS _i	excreção diária média de sólidos voláteis, por animal do tipo i	[kg.(cabeça.dia) ⁻¹]
Bo _i	capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos por animal do tipo i	[m ³ CH ₄ .kg ⁻¹]
MCF _{jk}	fator de conversão de metano para o sistema de manejo de dejetos j na região de clima k	[%]
MS _{ijk}	fração de animais do tipo i relacionada ao sistema de manejo de dejetos j na região de clima k	[%]

O clima (k) da região de São Paulo foi considerado temperado, de uma escala de clima frio, temperado e quente apresentada pelo IPCC.

A excreção diária média de sólidos voláteis (SV_i) em matéria seca (ms) é obtida pela seguinte equação:

Equação 16 - Excreção de sólidos voláteis

$$SV_i = GE_i \cdot (1 \text{ kg}_{ms} / 18,45 \text{ MJ}) \cdot (1 - DE_i / 100) \cdot (1 - ASH_i / 100)$$

onde:

SV _i	Excreção de sólidos voláteis	[kg _{ms} .dia ⁻¹]
GE _i	Ingestão diária média de alimento	[MJ.dia ⁻¹]
DE _i	taxa de digestibilidade	[%]
ASH _i	fração do conteúdo de cinzas nos dejetos produzidos pelo animal do tipo i	[%]

i	Tipo de animal
---	----------------

3 Dados

3.1 Dados censitários da população animal

As categorias de animais que constituem a base das atividades de pecuária geradoras de metano por fermentação entérica ou por manejo de dejetos incluem: Vacas leiteiras, Bovinos de corte, Bubalinos, Ovinos, Caprinos, Equinos, Muares, Asininos e Suínos e Aves, estas últimas somente para manejo de dejetos.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulga anualmente os efetivos da pecuária paulista na Pesquisa Pecuária Municipal (PPM). São relatados os números de cabeças de bovinos, suínos, bubalinos, caprinos, ovinos, equinos, asininos, muares e aves. O número de cabeças de vacas ordenhadas também é reportado. Para este estudo, foram utilizados os números de efetivos para o período de 1990 a 2008, sendo que para os anos de 2000 e 2008 foi detalhada por município (IBGE, 2014) com vistas à representação gráfica.

Conforme orientação dos guias do IPCC (1996), um nível de detalhamento maior é desejável para os cálculos de emissões de metano de fontes-chaves, que, no caso do Estado de São Paulo, são os rebanhos de gado de leite, corte e suíno. Os dados da população de cada uma dessas categorias de animais foram obtidos da Produção da Pecuária Municipal (PPM) (1990(b)-2006(b)). O gado de corte foi subdividido em machos (2%), fêmeas (34%) e jovens (64%), conforme consulta a especialistas.

3.2 Dados de sistemas de manejo de dejetos animais

O manejo de dejetos é definido pela forma como as fezes e urina dos animais são coletadas e armazenadas até sua utilização em lavouras e pastagens.

Poucas informações sobre manejo de dejetos são disponíveis na literatura estadual e quase nada existe em termos de bases de dados estatísticos para permitir uma caracterização dos sistemas de manejo existentes. Entretanto, o Censo Agropecuário de 2006 do IBGE (IBGE, 2009) buscou levantar informações entre os produtores sobre como manejavam os dejetos. Os resultados foram associados aos sistemas de manejo descritos no IPCC (2000), que lista diferentes sistemas e respectivos fatores de emissão de metano. Na Tabela 2 são apresentados os principais sistemas de manejo mencionados na pesquisa do Censo de 2006 para as diferentes espécies/categorias do rebanho, e os recíprocos termos mais próximos listados pelo GPG-IPCC (2000), com definições.

Tabela 2 - Sistemas de manejo de dejetos identificados junto a produtores, categorias do rebanho associadas, e denominação e descrição dos sistemas similares existentes na guia do IPCC

Principais sistemas de manejos informados	Categorias consideradas para os sistemas	Similar descrito no GPG-IPCC	Descrição
Sem manejo	Todas, exceto suínos	<i>Pasture/range/paddock</i>	Fezes e urina são depositadas diretamente em pastagens, ou seja, não existe manejo dos dejetos.
Esterqueira > 30 dias < 30 dias	Suínos, galos, frangos, frangas e pintos, e galinhas	<i>Open pit</i>	Armazenamento combinado de fezes e urina sob confinamentos de animais.
Aviário, com cama	Galos, frangos, frangas e pintos	<i>Poultry manure with bedding</i>	Os dejetos são excretados sobre uma “cama”, onde os animais podem caminhar
Aviário, sem cama	Galinhas (poedeiras)	<i>Poultry manure without bedding</i>	Os dejetos são excretados no chão, sem a “cama”, mas os animais não podem caminhar no local.

Continua

Continuação

Principais sistemas de manejos informados	Categorias consideradas para os sistemas	Similar descrito no GPG-IPCC	Descrição
Lagoas anaeróbias	Todas as categorias; especialmente suínos	<i>Anaerobic lagoon</i>	São caracterizados por sistemas que utilizam água para remover as excretas produzidas, com posterior deposição em lagoas, aí permanecendo por longo período.
Biodigestores	Todas as categorias; especialmente suínos	<i>Anaerobic digester</i>	Fezes e urina são digeridas anaerobiamente para produzir gás CH ₄ para fins energéticos
Outros	Todas as categorias	<i>Others</i>	Outros sistemas

Fonte: Adaptado IPCC (2000) e IBGE (2009)

No caso dos criadores de suínos, foi efetuada a separação do rebanho em grandes e pequenos produtores, em função do tamanho da propriedade, utilizando dados do Censo Agropecuário do IBGE de 2006 (2009). Em São Paulo, 9% dos produtores são classificados como pequenos produtores.

Na Tabela 3 apresenta-se a participação percentual de cada sistema de manejo de dejetos, para o período de 1990 a 2006 no Estado de São Paulo. No entanto, variações nessas percentagens ao longo do tempo foram estimadas para alguns sistemas ao longo deste período. Como exemplo disto, a partir de 2003 foi incluída a categoria biodigestor como um dos sistemas de manejo de dejetos animais adotados no Estado de São Paulo, consequentemente, alterando a porcentagem de outros sistemas de manejo existentes, como esterqueiras e lagoas anaeróbias.

Para a maioria das espécies/categorias do rebanho a deposição de dejetos diretamente em pastagens predomina (bovinos, equinos, asininos e muares, ovinos, caprinos, bubalinos). Muitos produtores não identificaram seus sistemas de manejo com as alternativas do censo, percentual definido como "outros sistemas" de manejo. Para bovinos, à categoria "outros sistemas" foram somados os valores correspondentes aos sistemas de manejo de esterqueiras, uma vez que para esta classe o GPG-IPCC (IPCC, 2000) não apresentava valores de fatores de emissão de metano.

Tabela 3 - Percentagens dos dejetos produzidos por diferentes componentes do rebanho por sistema de manejo do Estado de São Paulo

Sistemas de manejo de dejetos	Espécies/categorias do rebanho paulista										
	Equinos	Asininos	Búfalos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos, pintos, frangos	Galinhas	Bovinos corte	Bovinos leite
	[%]										
Pastagens	89,19	89,91	83,75	90,33	0,00	82,38	83,69	3,84	1,47	91,88	88,23
Lagoa anaeróbica	0,30	0,48	0,68	0,11	13,27	0,14	0,30	0,48	0,34	0,37	0,63
Esterqueira (< 30 dias)	0,00	0,00	0,00	0,00	30,40	0,00	0,00	7,68	63,77	0,00	0,00
Esterqueira (> 30 dias) 1990-2003	0,00	0,00	0,00	0,00	21,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	18,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	0,00	15,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	13,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aviário, com cama	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,01	0,00	0,00	0,00
Aviário, sem cama	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,90	0,00	0,00
Biodigestor 1990-2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,01	0,00	0,02	0,01	1,90	0,01	0,02	0,10	0,07	0,03	0,03
2005	0,03	0,00	0,03	0,02	3,81	0,03	0,04	0,21	0,13	0,07	0,05

Continua

Continuação

Sistemas de manejo de dejetos	Espécies/categorias do rebanho paulista										
	Equinos	Asininos	Búfalos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos, pintos, frangos	Galinhas	Bovinos corte	Bovinos leite
	[%]										
2006	0,04	0,00	0,05	0,03	5,71	0,04	0,06	0,31	0,20	0,10	0,08
Outros 1990-2003	10,51	9,61	15,57	9,56	35,06	17,48	16,01	14,99	6,52	7,75	11,14
2004	10,50	9,61	15,55	9,55	35,91	17,47	15,99	14,89	6,45	7,72	11,11
2005	10,48	9,61	15,54	9,54	36,74	17,45	15,97	14,78	6,39	7,68	11,09
2006	10,47	9,61	15,52	9,53	50,55	17,44	15,95	14,68	6,32	7,71	11,06

Fonte: Brasil (2010)

3.3 Classificação climática

Dados de normais climatológicas (INMET, 1997) foram utilizados para a definição do tipo climático do Estado de São Paulo, resultando na faixa entre 15°C e 25°C, correspondendo ao clima temperado.

3.4 Parâmetros e fatores de emissão utilizados para as estimativas

3.4.1 Bovinos

O nível de detalhamento *Tier 2* foi empregado para as estimativas das emissões de metano de bovinos de corte e leiteiro (vacas ordenhadas).

De acordo com os dados disponíveis e informações obtidas a partir de especialistas, foram considerados quatro períodos para os sistemas de manejo de dejetos: 1990 a 2003; 2004; 2005; e 2006 a 2008. Foram utilizados dados de produção de leite da Produção de Pecuária Municipal do IBGE (2014) para cada ano no período de 1990 a 2008, sendo os mesmos empregados para ambos os rebanhos leiteiros e de corte. Não se dispõe de estatísticas que informem dados de produção de leite distintamente para as categorias de bovinos (corte e leite).

Os demais dados zootécnicos de bovinos foram divididos em três períodos: 1990 a 1995; 1996 a 2001; e 2002 a 2006.

3.4.1.1 Rebanho bovino leiteiro

Para o cálculo das emissões de metano provenientes do gado leiteiro foram utilizados dados "default" indicados pelas guias de referência do IPCC de 1996, bem como informações de consultas a especialistas e obtidas da literatura. Na Tabela 4 apresentam-se dados zootécnicos da pecuária leiteira no Estado de São Paulo utilizados para o período de 1990 a 1995, 1996 a 2001 e 2002 a 2008.

Tabela 4 - Dados do rebanho leiteiro utilizados nas estimativas relativas ao período 1990 a 1995, 1996-2001 e 2002-2008 para o estado de São Paulo

Período	Raças predominantes	Peso vivo ¹ [kg]	Digestibilidade ² [%]	Taxa de prenhez ² [%]	Consumo médio alimento ¹ [kg]	Teor de gordura ¹ [%]
1990-1995		400	55	55	7,9	4,3
1996-2001	Mestiças (Gir+ Hol.)	400	56	57,5	7,9	4,3
2002-2008		400	57	60	7,9	4,3

Fonte: Adaptado de ¹IPCC (1996) e ²consulta a literatura e especialistas

Nota: Colaborador Pedro F. Barbosa - Embrapa Pecuária do Sudeste.

3.4.1.2 Rebanho bovino de corte

Para o cálculo das emissões de metano provenientes de gado de corte foram utilizados dados default indicados pelo Manual de Referência do IPCC de 1996, bem como informações obtidas por meio de consultas a especialistas e da literatura. Na Tabela 5 são apresentados os valores de parâmetros zootécnicos utilizados nas estimativas para os períodos de 1990 a 1995, de 1996 a 2001 e de 2002 a 2008.

Tabela 5 - Dados da pecuária de corte utilizados nas estimativas de emissão de metano

Período	Peso vivo ¹			Digestibilidade ²	Taxa de prenhez ²	Consumo de alimento			Gordura do leite (%) ³
	Fêmeas	Machos	Jovens			Fêmeas	Machos	Jovens	
	[kg]					[kg]			
1990-1995	400	450	230	55	64	8 ¹	9 ²	5,75 ¹	4,9
1996-2001	400	450	230	55,25	64	8 ¹	9 ²	5,75 ¹	4,9
2002-2008	400	450	230	55,5	64	7,6 ²	8,55 ²	5,24 ²	4,9

Fonte: Adaptado de ¹IPCC (1996); ² consulta a literatura e especialistas; ³Brasil (2010).

Nota: Colaborador Pedro F. Barbosa - Embrapa Pecuária do Sudeste.

Período de prenhez: 281 dias (IPCC, 1996).

Taxa de digestibilidade: No Brasil, estudo realizado no Cerrado (LIMA, 1976), em que se estimou o consumo de matéria orgânica da pastagem (grama batatais, capim gordura, capim Jaraguá e leguminosas) em 1,94 kg/100kg de peso vivo, foi verificado uma digestibilidade média "in vitro" de 51,1%, variando de 35,4% e 58,6%, dependendo da época do ano. Roston & Andrade (1992) encontraram apenas 7% das leguminosas e 14% das gramíneas com coeficiente de digestibilidade de matéria orgânica superior a 65%. A grande maioria situou-se na faixa de 50% a 65% (BRASIL-MCT, 2010).

Consumo de alimento: A Embrapa Gado de Corte indica valores de consumo de alimento de 8,0kg de matéria seca (ms) de alimento/cabeça/dia para fêmeas adultas, 9,0kg ms/cabeça/dia para machos adultos e 5,75kg ms/cabeça/dia para animais jovens. Na literatura nacional cita-se consumo de 5,0kg a 6,9kg diários de capim elefante picado, uma forrageira muito empregada em pastagens cultivadas no país, por novilhos mestiços (AROEIRA, 1997). Para vacas em lactação foram observadas ingestões na faixa de 6,3kg a 11,0kg de matéria seca/dia, correspondendo a aproximadamente 2% do peso vivo (BRASIL-MCT, 2010).

Teor de gordura no leite: Em experimentos conduzidos por Silva et al. (1995), foi encontrado um valor médio de teor de gordura de 4,5% em vacas Nelore em 252 dias de lactação. Restle et al. (2003) encontraram valores médios de teores de gordura do leite de 4,9% para raças Nelore e 4,38% para Charolês em 182 dias de lactação. Adotou-se o valor de 4,9% para o Estado de São Paulo (BRASIL-MCT, 2010).

Produção de leite (para fêmeas), em kg/ano: Utilizou-se a base de dados de produção de leite por vacas ordenhadas no Estado de São Paulo, a partir da Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE (2014), de modo, entretanto, a considerar apenas a metade da produção, em função da finalidade do gado e da não disponibilidade de dados de produção de leite específicas para fêmeas de gado de corte nas estatísticas oficiais.

Sistema de manejo de dejetos animais: As estimativas de uso dos sistemas de tratamento do rebanho foram feitas com base em dados apresentados pelo IPCC (1996) para a América Latina, dados adaptados do Censo Agropecuário de 2006 do IBGE (2009), bem como informações colhidas junto a especialistas.

No Estado de São Paulo, o LUPA (Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária) de 1995/1996 (PINO et al., 1997), realizado pela Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, apontou a existência de um total de 537 biodigestores para um total de 334 UPAs (Unidade de Produção Agropecuária), com uma média 1,61 biodigestores para cada UPA. Em 2007/2008 o levantamento registrou um total de 417 biodigestores no estado para um total de 281 UPAs, com uma média de 1,5% biodigestores por UPA. Entretanto, esta proporção não dá indicação do montante do rebanho cujos dejetos são tratados por biodigestores e lagoas anaeróbias. As bases de dados consolidadas de 1995/1996 e de 2007/2008 do LUPA fornecem informações municipais com a quantidade de UPA's que possuem biodigestores, mas ainda assim, este dado tem ainda um valor parcial se não for associado com o número de animais confinados.

Segundo o LUPA (2007/2008) (TORRES et al., 2009), o número de Unidades de Produção Agropecuária com confinamento para bovinos no Estado de São Paulo foi de 4.386 UPA's, 1,7% de um total de 277.124 UPA's. Nesse período, 15,7% do total de UPA's fez uso de pastagem intensiva. Em 2007/2008 o número de UPA's que faziam confinamento de bovinos foi de 4.885, correspondendo a 1,5% do total de 324.601 UPA's, enquanto 14,8% das UPA's fez uso de pastagem intensiva. Entretanto, novamente, esta proporção não dá indicação do rebanho cujos dejetos são tratados por biodigestores.

Fator B_0 - para a capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos pelo gado de corte foi utilizado o valor default do IPCC de 1996 para países em desenvolvimento ($0,10 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg}$).

Cinzas (ash) - para a fração do conteúdo de cinzas nos dejetos produzidos pelo gado de corte foi utilizado o valor default do IPCC revisado de 1996 (8%).

3.4.2 Suínos

O nível de detalhamento *Tier 2* foi empregado para as estimativas de emissão de metano de suínos no Estado de São Paulo.

Para o cálculo das emissões de metano provenientes do rebanho suinícola, foram utilizados, em parte, dados "default" indicados pelo IPCC, bem como informações de consultas a especialistas e literatura. A digestibilidade foi estimada em 75%, o peso vivo do rebanho em 56 kg, e o consumo de ração em 2,1 kg/dia.

O Censo Agropecuário de 2006 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2009) apresenta informações sobre o uso de sistemas de tratamento de dejetos para o ano de 2006. Com a colaboração da equipe técnica do IBGE, foram obtidos dados necessários às estimativas de emissão de metano por dejetos animais, a partir de cruzamentos das variáveis "efetivos de animais" por "sistema de manejo de dejetos".

Fator B_0 – para a capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos pelos

suínos, foram utilizados os valores default do IPCC (1996), da seguinte forma: o valor para países desenvolvidos ($0,45 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{kg}$) foi usado para o Estado de São Paulo.

Teor de cinzas (ash) – para a fração do conteúdo de cinzas nos dejetos produzidos pelos suínos foram utilizados os valores default do IPCC (1996), foi adotado 2% para o Estado de São Paulo.

Cerca de 10% do rebanho suíno paulista corresponde às pequenas e médias propriedades. A maioria do rebanho se concentra em propriedades maiores.

3.4.4 Outros animais

Utilizaram-se fatores de emissão de metano indicados como “default” (*Tier 1*) pelo IPCC (1996) para as outras categorias de animais: búfalos, ovinos, caprinos, equinos, muares, asininos e aves, de acordo com as faixas climáticas.

3.5 Fatores de emissão de metano por fermentação entérica

A seguir apresentam-se os fatores de emissão para fermentação entérica e manejo de esterco.

3.5.1 Fermentação entérica

Com base nos dados apresentados, foram estimados fatores de emissão de CH_4 para fermentação entérica, conforme indicado na Tabela 6, Tabela 7, Tabela 8 e na Tabela 9.

Tabela 6 - Fatores de emissão (*Tier 2*) de CH_4 para fermentação entérica de gado de corte, machos e jovens no período de 1990 a 2008

Tipo de gado	1990-1995	1996-2001	2002-2008
	[$\text{kg}_{\text{CH}_4}/\text{cabeça/ano}$]		
Gado de corte - machos	57	56	56
Gado de corte - jovens	44	44	43

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 7 - Fatores de emissão (*Tier 2*) de CH_4 para fermentação entérica de gado de corte - fêmeas, no período de 1990 a 2008

Fator de emissão de metano gado de corte - Fêmeas [$\text{kg}_{\text{CH}_4}/\text{cabeça/ano}$]									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
67	67	67	67	66	66	68	67	68	68
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
68	68	67	68	68	68	69	69	69	

Fonte: Embrapa (2010)

Notas: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento;
Fatores variam de acordo com a produtividade de leite.

Tabela 8 - Fatores de emissão de metano para fermentação entérica de vacas leiteiras no período de 1990 a 2008 (Tier 2)

Fator de emissão de metano - Vacas leiteiras [kg _{CH4} /cabeça/ano]									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
66	65	65	65	65	65	66	65	66	66
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
66	66	64	64	64	65	65	65	65	

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento;
Fatores variam de acordo com a produtividade de leite.

Categoria	Fator de emissão default para fermentação entérica
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]
Suínos	1
Asininos	10
Muare	10
Bubalinos	55
Caprinos	5
Eqüinos	18
Ovinos	5

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

3.5.2 Manejo de dejetos

Foram estimados os fatores de emissão de CH₄ para manejo de esterco da pecuária, conforme indicam as tabelas abaixo.

Tabela 10 - Fatores de emissão de CH₄ para manejo de esterco de gado leiteiro (Tier 2)

Estado	Gado leiteiro					
	1990-1995	1996-2001	2002-2003	2004	2005	2006
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]					
São Paulo	2,1	2	2	2	2	2

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 11 - Fatores de emissão de CH₄ para manejo de esterco de gado de corte - machos (Tier 2)

Estado	Gado de corte - machos					
	1990-1995	1996-2001	2002-2003	2004	2005	2006-2008
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]					
São Paulo	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 12 - Fatores de emissão de CH₄ para manejo de esterco de bovinos de corte - fêmeas (Tier 2)

Estado	Gado de corte – fêmeas					
	1990-1995	1996-2001	2002-2003	2004	2005	2006-2008
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]					
São Paulo	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 13 - Fatores de emissão de CH₄ para manejo de esterco de bovinos de corte - jovens (Tier 2)

Estado	Gado de corte – jovens					
	1990-1995	1996-2001	2002-2003	2004	2005	2006-2008
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]					
São Paulo	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 14 - Fatores de emissão de CH₄ para manejo de esterco de suínos (Tier 2)

Estado	Suínos					
	1990-1999	2000-2001	2002-2003	2004	2005	2006-2008
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]					
SP-pequenas e médias propriedades (9%)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
SP-grandes propriedades (91%)	11,3	11,3	11,3	11	10,6	10,2

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 15 - Fatores de emissão de CH₃ associados a sistemas de manejo de dejetos de outras categorias animais (Tier 1)

Estado	Outros animais						
	Asininos	Muares	Bubalinos	Caprinos	Equinos	Ovinos	Aves
	[kg _{CH4} /cabeça/ano]						
São Paulo	0,9	0,9	1	0,17	1,6	0,16	0,117

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

4 Resultados

Na Tabela 16 e Tabela 17 são apresentadas estimativas das emissões totais de CH₄ proveniente da fermentação entérica (FE) e dos sistemas de manejo de dejetos (SMD) animais da pecuária paulista, respectivamente, no período de 1990 a 2008, e na Tabela 18 são apresentados os totais de emissão de metano estimados para o período de 1990 a 2008. A distribuição municipal das emissões totais de CH₄ pela pecuária nos anos de 2000 e de 2008 é apresentada na Figura 5 e Figura 6.

Na Tabela 19 e Tabela 20 são apresentadas estimativas das emissões de metano por FE e SMD, respectivamente, por classe animal, no período de 1990 a 2008. No Gráfico 3 e no Gráfico 4 apresenta-se a representação gráfica desses totais para FE e SMD, respectivamente.

Tabela 16 - Estimativa de emissões de CH₄ por fermentação entérica da pecuária paulista, no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Emissões de metano por fermentação entérica										
[Gg _{CH4}]										
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
681,33	679,82	687,34	702,8	713,5	722,3	707,53	704,64	704,48	719,87	724,11
[Gg _{CH4}]										
2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			
732,1	741,35	765,79	750,53	732,3	704,47	650,34	616,93			

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 17 - Estimativa de emissões de CH₄ por manejo de dejetos da pecuária paulista, no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Emissões de metano por fermentação entérica										
[Gg _{CH4}]										
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
42,61	43,34	43,89	44,38	45,51	47,36	46,68	48,75	48,6	49,5	
[Gg _{CH4}]										
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008		
48,59	49,19	49,62	50,56	50,31	51,52	51,28	52,7	54,06		

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 18 - Emissões totais de metano provenientes da pecuária (fermentação entérica + dejetos animais) no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg)

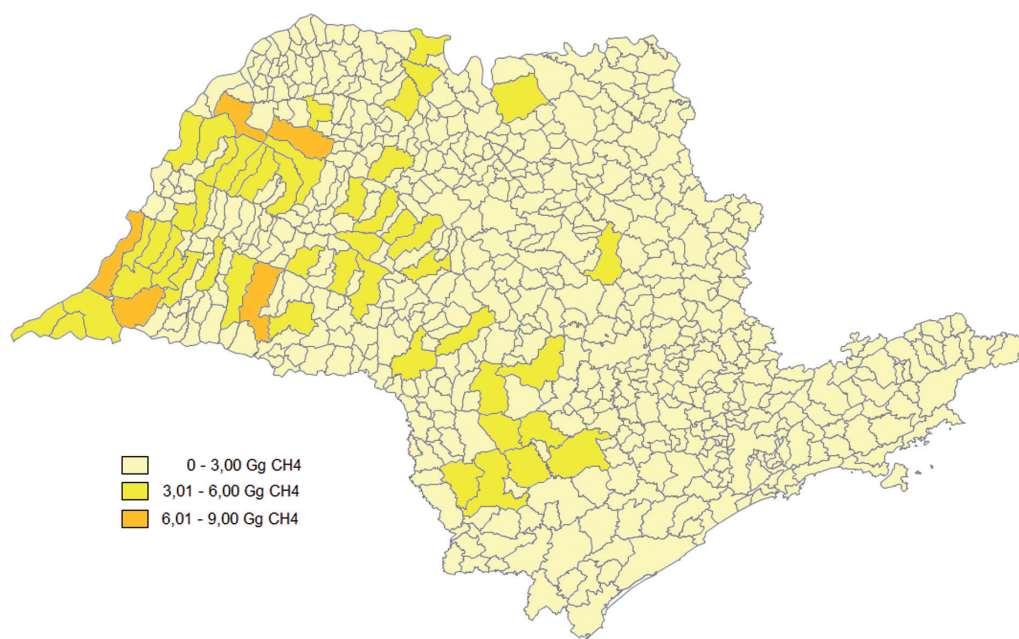
Ano	Gado Leite	Macho Adulto	Fêmea Adulta	Jovem	Equinos	Búfalos	Asininos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos	Galinhas	Total
[Gg]														
1990	146,03	11,86	235,32	298,54	4,04	3,81	0,06	2,41	9,12	0,57	1,23	6,84	4,12	723,94
1991	148,92	11,77	233,54	296,29	4,02	3,69	0,08	2,22	9,37	0,56	1,20	7,19	4,32	723,16
1992	153,03	11,85	235,20	298,39	4,12	3,62	0,08	2,13	9,16	0,55	1,16	7,47	4,47	731,23
1993	154,48	12,17	241,58	306,48	4,06	3,59	0,09	2,00	9,07	0,55	1,12	7,76	4,23	747,19
1994	153,08	12,53	245,03	315,47	4,10	3,51	0,08	1,86	9,45	0,52	1,08	8,01	4,29	759,01
1995	151,80	12,76	249,46	321,18	4,06	3,51	0,09	1,78	9,64	0,53	1,15	9,22	4,48	769,66
1996	132,16	12,50	256,11	319,54	3,83	3,21	0,07	1,01	8,32	0,34	1,33	11,44	4,35	754,21
1997	137,87	12,41	250,45	317,05	3,72	2,99	0,07	1,11	8,26	0,39	1,24	13,39	4,47	753,40
1998	130,32	12,48	255,70	319,03	3,65	2,98	0,07	1,03	8,70	0,39	1,18	13,07	4,47	753,08
1999	124,65	12,94	264,11	330,77	3,56	3,12	0,07	0,95	8,61	0,38	1,20	13,23	4,76	769,37
2000	125,34	13,02	266,67	332,71	3,58	3,15	0,08	0,94	8,56	0,36	1,21	12,46	4,63	772,69
2001	121,25	13,28	271,96	339,32	3,56	3,30	0,08	0,91	8,57	0,36	1,30	12,84	4,56	781,30
2002	118,30	13,78	278,75	345,20	3,51	3,19	0,08	0,87	8,30	0,36	1,33	12,80	4,49	790,97
2003	120,65	14,17	290,77	354,90	3,40	3,87	0,08	0,87	7,69	0,37	1,48	13,50	4,59	816,35
2004	117,20	13,91	285,31	348,24	3,30	3,96	0,08	0,85	7,64	0,38	1,56	13,68	4,73	800,85
2005	114,59	13,55	278,05	339,37	3,26	4,02	0,07	0,83	7,68	0,39	1,78	15,64	4,58	783,82
2006	113,44	12,87	267,91	322,35	3,12	4,00	0,07	0,81	7,78	0,39	1,95	16,36	4,72	755,76
2007	107,11	11,82	246,11	296,12	2,78	3,76	0,06	0,59	7,76	0,36	2,14	19,76	4,64	703,04
2008	101,27	11,22	233,60	281,06	2,52	3,44	0,05	0,49	7,61	0,33	2,34	22,05	5,01	671,00

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Em 2008 as emissões totais de metano pela pecuária paulista foram estimadas em 671,00 gigagramas (Gg = 10^9 g), sendo 91,9% atribuídos ao processo de fermentação entérica e 8,1% aos sistemas de manejo de dejetos animais ano de 2008. Este valor representa uma redução de 7,3% em relação ao ano 1990 (723,94 Gg de CH_4), em função da redução do número de cabeças de animais. Em 2008, as categorias de gado bovino (leite e corte) contribuíram com 93,5% das emissões de metano por fermentação entérica, enquanto as demais classes animais contribuíram com 6,5% das emissões.

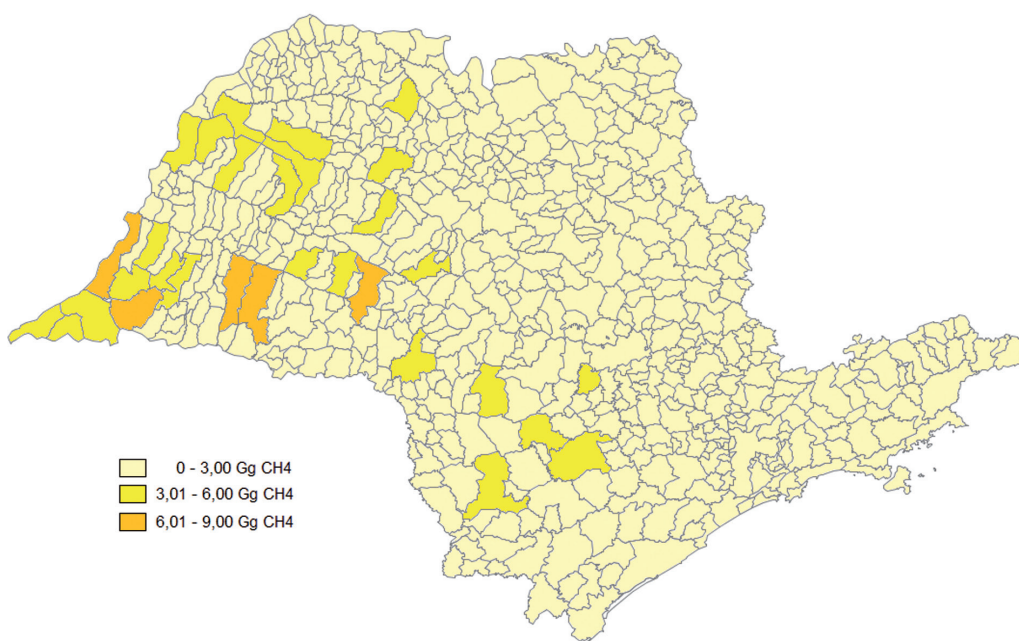
Figura 5- Distribuição municipal das emissões de metano pela pecuária em 2000 no Estado de São Paulo



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Figura 6- Distribuição municipal das emissões de metano pela pecuária em 2008 no Estado de São Paulo



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Tabela 19 - Emissões de CH₄ provenientes da fermentação entérica da pecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Ano	Gado de Leite	Macho Adulto	Fêmea Adulta	Jovem	Equinos	Bubalinos	Asininos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos	Galinhas	Total
[GgCH ₄]														
1990	141,53	11,54	230,50	284,94	3,06	3,74	0,06	2,21	2,03	0,55	1,19	0	0	681,33
1991	144,26	11,45	228,76	282,79	3,05	3,63	0,07	2,03	2,08	0,54	1,16	0	0	679,82
1992	148,24	11,53	230,39	284,80	3,12	3,55	0,07	1,96	2,04	0,53	1,12	0	0	687,34
1993	149,65	11,84	236,64	292,52	3,07	3,53	0,09	1,83	2,01	0,53	1,09	0	0	702,80
1994	148,29	12,19	239,94	301,10	3,11	3,44	0,08	1,70	2,10	0,51	1,05	0	0	713,50
1995	147,05	12,41	244,28	306,55	3,08	3,45	0,09	1,63	2,14	0,51	1,12	0	0	722,30
1996	128,27	12,16	250,94	305,65	2,90	3,15	0,06	0,93	1,85	0,32	1,29	0	0	707,53
1997	133,75	12,06	245,32	303,26	2,82	2,94	0,07	1,01	1,83	0,38	1,20	0	0	704,64
1998	126,48	12,14	250,54	305,16	2,77	2,93	0,07	0,94	1,93	0,37	1,15	0	0	704,48
1999	120,99	12,58	259,77	316,39	2,70	3,06	0,07	0,87	1,91	0,36	1,16	0	0	719,87
2000	121,76	12,66	261,29	318,25	2,71	3,09	0,07	0,86	1,90	0,35	1,17	0	0	724,11
2001	117,78	12,91	266,48	324,57	2,70	3,24	0,07	0,84	1,90	0,35	1,26	0	0	732,10
2002	114,87	13,42	273,05	329,86	2,66	3,13	0,07	0,80	1,85	0,35	1,29	0	0	741,35
2003	117,21	13,80	284,90	339,12	2,58	3,80	0,07	0,80	1,71	0,36	1,44	0	0	765,79
2004	113,86	13,54	279,56	332,76	2,50	3,88	0,07	0,78	1,70	0,36	1,52	0	0	750,53
2005	111,31	13,20	272,44	324,29	2,47	3,95	0,07	0,76	1,71	0,38	1,72	0	0	732,30
2006	110,24	12,54	262,58	308,02	2,36	3,92	0,06	0,74	1,73	0,38	1,89	0	0	704,47
2007	104,09	11,52	241,21	282,96	2,11	3,70	0,06	0,54	1,72	0,35	2,08	0	0	650,34
2008	98,42	10,93	228,95	268,57	1,91	3,38	0,05	0,45	1,69	0,32	2,27	0	0	616,93

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

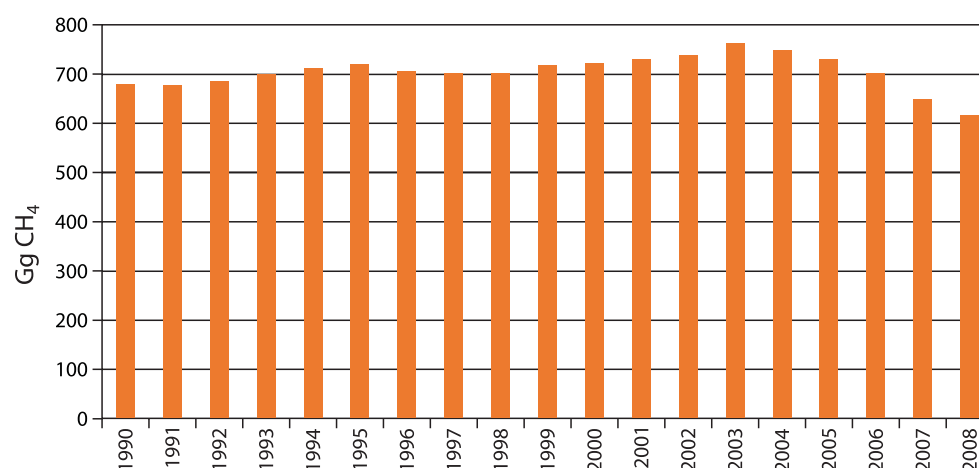
Tabela 20 - Emissões de CH₄ provenientes da pecuária de sistemas de manejo de dejetos animais no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Ano	Gado de Leite	Macho Adulto	Fêmea Adulta	Jovem	Equinos	Bubalinos	Asininos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos	Galinhas	Total
[GgCH ₄]														
1990	4,50	0,32	4,82	13,60	0,98	0,07	0,01	0,20	7,09	0,02	0,04	6,84	4,12	42,61
1991	4,66	0,32	4,78	13,50	0,98	0,07	0,01	0,18	7,28	0,02	0,04	7,19	4,32	43,34
1992	4,79	0,32	4,81	13,59	1,00	0,06	0,01	0,18	7,13	0,02	0,04	7,47	4,47	43,89
1993	4,83	0,33	4,94	13,96	0,98	0,06	0,01	0,16	7,05	0,02	0,03	7,76	4,23	44,38
1994	4,79	0,34	5,09	14,37	0,99	0,06	0,01	0,15	7,35	0,02	0,03	8,01	4,29	45,51
1995	4,75	0,35	5,18	14,63	0,98	0,06	0,01	0,15	7,50	0,02	0,04	9,22	4,48	47,36
1996	3,89	0,35	5,17	13,89	0,93	0,06	0,01	0,08	6,47	0,01	0,04	11,44	4,35	46,68
1997	4,12	0,34	5,13	13,78	0,90	0,05	0,01	0,09	6,42	0,01	0,04	13,39	4,47	48,75
1998	3,83	0,35	5,16	13,87	0,89	0,05	0,01	0,08	6,77	0,01	0,04	13,07	4,47	48,60
1999	3,67	0,36	5,35	14,38	0,86	0,06	0,01	0,08	6,70	0,01	0,04	13,23	4,76	49,50
2000	3,58	0,36	5,38	14,47	0,87	0,06	0,01	0,08	6,66	0,01	0,04	12,46	4,63	48,59
2001	3,46	0,37	5,49	14,75	0,86	0,06	0,01	0,08	6,66	0,01	0,04	12,84	4,56	49,19
2002	3,43	0,36	5,71	15,34	0,85	0,06	0,01	0,07	6,46	0,01	0,04	12,80	4,49	49,62
2003	3,45	0,37	5,87	15,77	0,82	0,07	0,01	0,07	5,98	0,01	0,05	13,50	4,59	50,56
2004	3,35	0,36	5,76	15,48	0,80	0,07	0,01	0,07	5,95	0,01	0,05	13,68	4,73	50,31
2005	3,27	0,35	5,61	15,08	0,79	0,07	0,01	0,07	5,97	0,01	0,06	15,64	4,58	51,52
2006	3,20	0,34	5,33	14,33	0,76	0,07	0,01	0,07	6,05	0,01	0,06	16,36	4,72	51,28
2007	3,02	0,31	4,89	13,16	0,67	0,07	0,01	0,05	6,03	0,01	0,07	19,76	4,64	52,70
2008	2,85	0,29	4,65	12,49	0,61	0,06	0,00	0,04	5,92	0,01	0,07	22,05	5,01	54,06

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

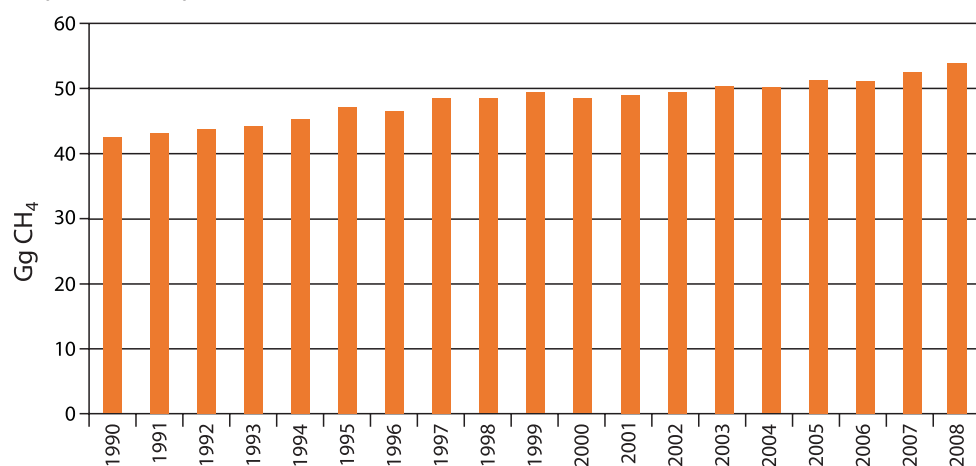
Gráfico 4 - Evolução das emissões de metano pela fermentação entérica da pecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Gráfico 5 - Evolução das emissões de metano associados a sistemas de manejo de dejetos da pecuária no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Referências

- AROEIRA, L.J.M. **Estimativas de consumo de Gramíneas Tropicais**. In: Simpósio Internacional de digestibilidade em Ruminantes. TEIXEIRA, Júlio César Teixeira, ed. Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. p. 127-163.
- BRASIL. MCT. **Relatório de referência para o Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissões de metano da pecuária**. Brasília: MCT, 2006. 76p.
- _____. **Brazil's Initial Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Brasília, MCT. 271p., 2004. Disponível em: <<http://unfccc.int/resource/docs/natc/brazilinc1e.pdf>>. Acesso em: set. 2014
- _____. **Relatório de referência para o Inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa por atividades agrícolas: emissão de metano proveniente da pecuária no Brasil**. Brasília: MCT, 2010.
- COCKRILL, W. **The Husbandry and Health of The Domestic Buffalo**. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome: 296 - 298. 1974.
- DRUGOWICH, M.I.; SAVASTANO, S.; SAVASTANO, S.A.A.DE L. **Erosão em pastagens sob pecuária leiteira e mista no Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.cati.sp.gov.br/projeto-lupa/estudos_lupa/ErosaoPastagensSP.pdf> . Acesso em set. 2014.
- FNP. **ANUALPEC 2007 - Anuário da pecuária brasileira**. São Paulo: FNP, 2007.
- GONÇALVES, O. **Características de criações de búfalos no Brasil e a contribuição do marketing no agronegócio bubalino**. Tese de Doutorado, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – USP. Departamento de Zootecnia. Pirassununga, 2008, 130p. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/74/74131/tde-19022009-113852/pt-br.php>> . Acesso em: set. 2014.
- IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: set. 2014.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777p.
- INMET. **Normais climatológicas: 1931-1990**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> . Acesso em 1997.
- IPCC. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Reporting Instructions [Houghton, J.T; Meira Filho, L.G; Lim, B.; Tréanton, K.; Mamaty, I; Bonduki, Y; Griggs, D.J.; Callander, B.A (eds.)]. Bracknell: IPCC, OECD, IEA, 1997.
- _____. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan. 2000.
- JENSEN, B.B. **Methanogenesis in monogastric animals**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 42, n. 1-2, p.99-112, 1996.
- LANNA, D. P. D.; ALMEIDA, R. de. **A terminação de bovinos em confinamento**. Visão Agrícola, n. 3, jan./jun, 2005. p. 55-58.
- LIMA, M. A. **Tese de Mestrado apresentada à Escola de Veterinária da U.F.M.G.** Belo Horizonte. 1976.

MIELE, M.; MACHADO, J.S. **Levantamento Sistemático da Produção e Abate de suínos: 2006-2007**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. (Série Documentos, n. 122).

PINO, F. A. et al. (org.) **Levantamento Censitário de Unidades de Produção Agrícola do Estado de São Paulo**. São Paulo: IEA, CATI, SAA, 1997.

RESTLE, J.; PACHECO, O.S.; MOLETTA, J.L.; BRONDANI, I.L.; CERDÓTES, L. **Grupo genético e nível nutricional pós-parto na produção e composição do leite de vacas de corte**. Revista Brasileira de Zootecnia, V.32, n.3, Viçosa. Disponível em: < <http://www.revista.sbz.org.br/artigo/index.php?artigo=3998> > Acesso em: maio/jun. 2003.

ROSOLEN, J.E. **Mapa do Leite no Estado de São Paulo**: resumo executivo. 2006. Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/download/mapadoleitespsintese.pdf>> Acesso em 24 nov. 2009.

ROSTON, A. J; ANDRADE, P. **Digestibilidade de forrageiras com ruminantes**: Coletânea de informações. Rev. Soc. Bras. Zoot., v. 21, n. 4, p. 647-666, 1992. Disponível em: < <http://www.revista.sbz.org.br/artigo/visualizar.php?artigo=720> >. Acesso em: out. 2014.

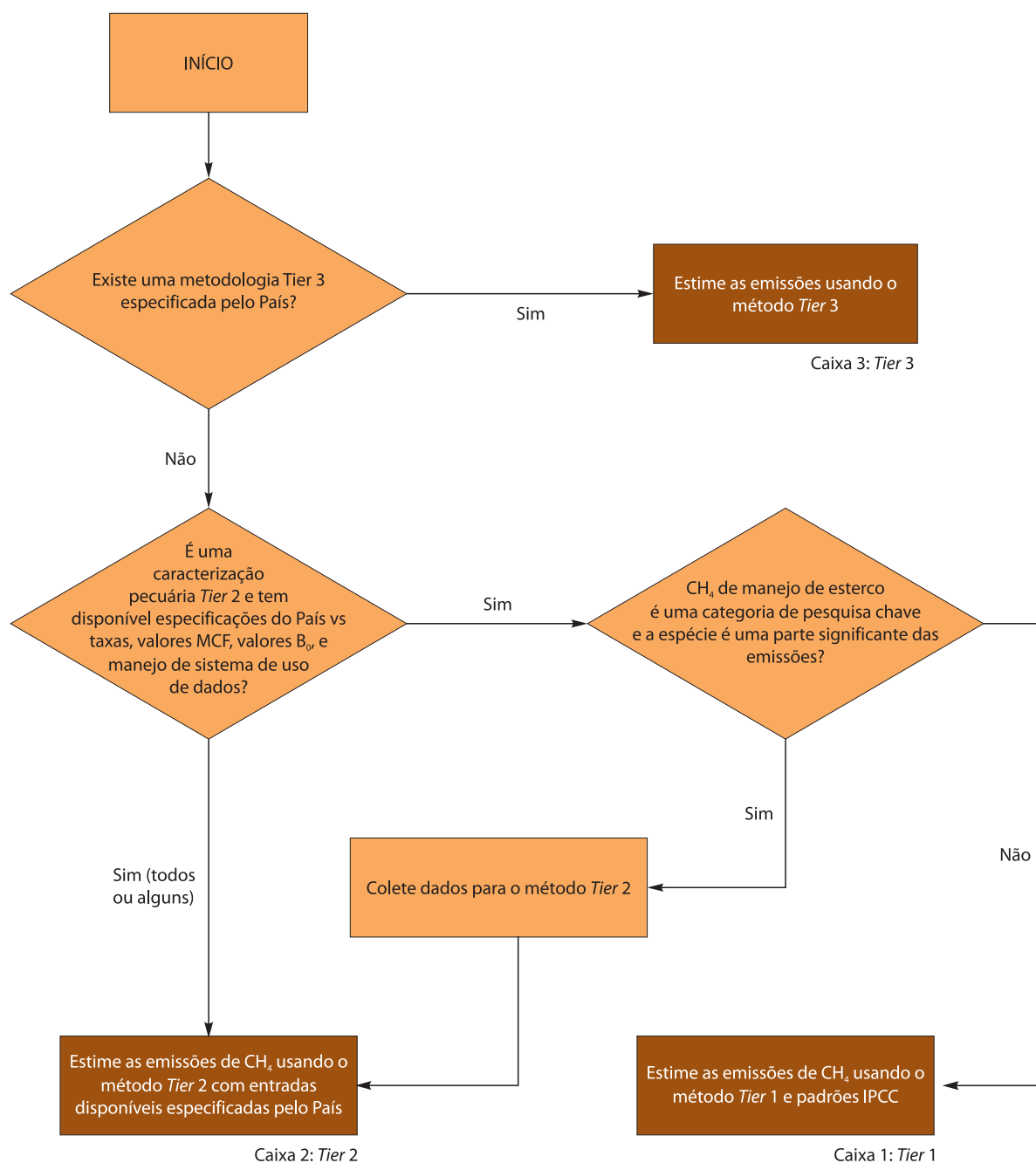
SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: out. 2014.

SILVA, M.V.G.B.; MARTINEZ, M.L.; LEMOS, A.M. **Efeitos de meio ambiente sobre as características de produção de leite e gordura, percentagem de gordura e duração da lactação de um rebanho Nelore**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 24, n. 2, p. 317-325, Pacheco, 1995. Disponível em: <<http://www.revista.sbz.org.br/artigo/index.php?artigo=340>>. Acesso em: set.2014.

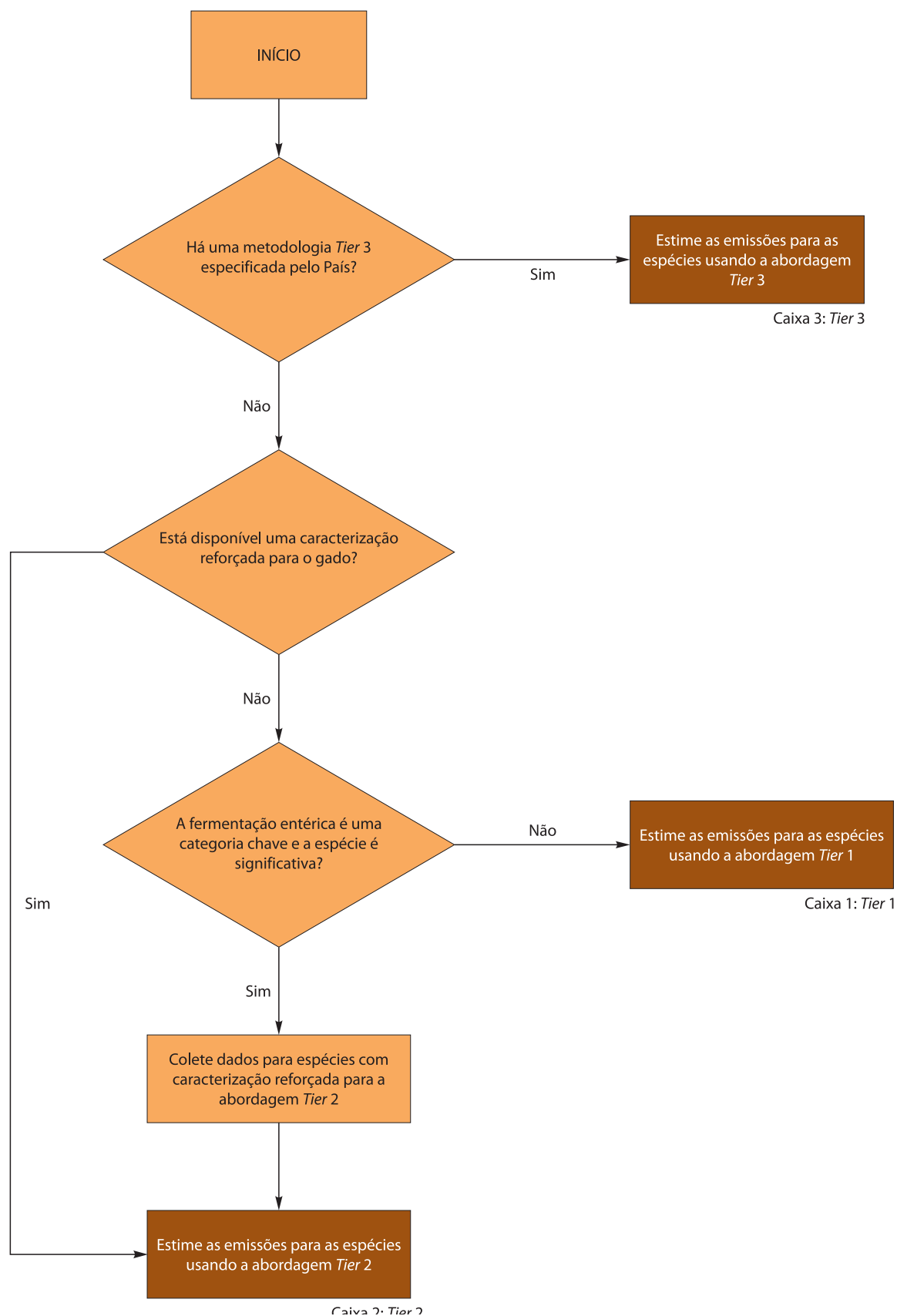
SILVEIRA, L. **Expansão da cana obriga pecuária a criar rotas**. 2007. Disponível em: <https://www.anualpec.com.br/pecuaria/leiteC/integra_noticia.php?idNoticia=2340>. Acesso em 22 set. 2009.

TORRES, A. J.; PINO, F. A.; FRANCISCO, V. L. F. dos S.; ÂNGELO, J. A.; MACIEL, E. L. F.; DRUGOWICH, M. I.; INTERLICHE, P. H.; PIEDADE, J. A.; SOUSA, A. C. de; LORENA NETO, B.; CASER, D. V. (Org.). **Projeto Lupa 2007/08: Censo agropecuário do estado de São Paulo**. São Paulo: IEA: CATI: SAA, 2009. 381 p.

Anexo 1 - Árvore de decisão para emissões de CH₄ para fermentação entérica



Anexo 2 - Árvore de decisão para emissões de CH₄ para manejo de dejetos animais





PARTE II

CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO



Ficha Técnica

Coordenação Técnica

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

Elaboração

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

Omar Vieira Villela - Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Pólo Regional do Vale do Paraíba

Marcos Antonio Vieira Ligo - EMBRAPA Meio Ambiente

Maria Conceição Peres Young Pessoa - EMBRAPA Meio Ambiente

Marcos Corrêa Neves - EMBRAPA Meio Ambiente

Elton César de Carvalho - bolsista CNPq/Pibic

Natália Esteves Carvalho - bolsista CNPq/Pibic

SUMÁRIO

Referências	71
PARTE II - CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO	75
1 Introdução	79
2 Método	80
3 Dados utilizados	83
3.1 Sistemas de Cultivo de Arroz no Estado de São Paulo	84
3.2 Fator de Emissão Sazonalmente Integrado de CH ₄ e Fatores de Escala utilizados ...	85
4 Resultados	87
5 Considerações Finais	100

TABELAS

Tabela 1 - Fator de emissão integrado definido para vários países do mundo	82
Tabela 2 - Fluxos sazonais de emissão de CH_4 obtidos em área experimental da APTA Vale Paraíba, em Pindamonhangaba, SP, sob condições de regime contínuo de água, transplante de mudas, uso de fertilizante nitrogenado (uréia), sem adição de fertilizantes orgânicos	86
Tabela 3 - Fatores de escala para emissões de CH_4 em ecossistemas orizícolas, relativos ao manejo de água, e sem considerar adições de fertilizantes orgânicos (SFw)	86
Tabela 4 - Fator de escala para adições orgânicas não fermentadas (SFo)	86
Tabela 5 - Emissões de CH_4 pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação no Estado de São Paulo no período de 1990 a 2009	87
Tabela 6 - Estimativas de emissão de metano pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação por região administrativa do Estado de São Paulo, com produção de arroz de várzea e irrigado por inundação, para o período de 1990 a 1999	89
Tabela 7 - Estimativas de emissão de metano pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação por município do Estado de São Paulo, para o período de 2000 a 2009	91

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da área colhida de arroz de sequeiro e várzea e de arroz irrigado no Estado de São Paulo de 1983 a 2009	83
Gráfico 2 - Evolução da emissão de CH_4 proveniente do cultivo de arroz irrigado por inundação no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg CH_4)	88

FIGURAS

Figura 1 - Área total de produção de arroz, em 2008, no Estado de São Paulo	84
Figura 2 - Distribuição municipal dos sistemas de cultivo de arroz no Estado de São Paulo em 2008	85
Figura 3 - Distribuição municipal das emissões de CH_4 no Estado de São Paulo em 2000	98
Figura 4 - Distribuição municipal das emissões de CH_4 no Estado de São Paulo no ano 2008	99

EQUAÇÕES

Equação 1 - Estimativa de emissão de CH_4	80
Equação 2 - Fatores de emissão integrados	80
Equação 3 - Total das emissões anuais	80

1 Introdução

O arroz é uma planta anual da família Poaceae, classificada no grupo de plantas que possui sistema fotossintético C3 (Pereira & Machado, 1987) e adaptada ao ambiente aquático, devido à presença de um tecido vascular (aerênquima) no colmo e nas raízes da planta, que permite a circulação do ar em seu interior e, consequentemente, trocas gasosas entre a atmosfera e a rizosfera.

A decomposição anaeróbica de material orgânico em campos de arroz inundado produz o gás metano (CH_4), que escapa para a atmosfera principalmente através do transporte mediado por plantas de arroz (IPCC, 2006). O sistema de produção de sequeiro pode ser negligenciado como uma fonte de CH_4 , por não haver condição de anaerobiose (Wassmann et al., 2000).

No Brasil, o arroz pode ser cultivado sob diferentes sistemas de produção de acordo com o manejo de água (PEREIRA e MACHADO, op. cit.):

- arroz de sequeiro ou de terras altas: plantado em terras mais altas, dependendo exclusivamente de precipitações pluviais para seu desenvolvimento;
- arroz cultivado em áreas favorecidas por irrigação por aspersão
- arroz irrigado por inundação: produzido sob regime de irrigação controlada com lâmina d'água por um período de tempo ao longo do ciclo de cultivo
- arroz irrigado: plantado em várzeas sistematizadas, apresentando possibilidade de irrigação controlada através de lâmina d'água;
- cultivado em condições de várzeas úmidas: as áreas estão sujeitas à inundação do solo, mas sem controle da irrigação

2 Método

Para a elaboração das estimativas foi utilizado o método de 1996 revisado do IPCC (1996). De acordo com o método, a estimativa de emissão de CH₄ proveniente do cultivo de arroz inundado baseia-se na Equação 1, a seguir.

Equação 1 - Estimativa de emissão de CH₄

$$F_c \cdot FE \cdot A \cdot 10^{-12}$$

onde:

F _c	emissão anual de CH ₄ proveniente de um regime de água específico de cultivo de arroz e para uma determinada adição orgânica	[Tg.ano ⁻¹]
FE	fator de emissão integrado de CH ₄ durante a estação integrada de cultivo	[g.m ⁻²]
A	área anual colhida de arroz (dada pela área cultivada multiplicada pelo número de estações de cultivo por ano)	[m ² .ano ⁻¹]

Os fatores de emissão (FE) de CH₄ integrados sazonalmente baseiam-se em medidas de campo de fluxos de CH₄, referenciadas em literatura pelo IPCC (1996). São expressos pela equação 2:

Equação 2 - Fatores de emissão integrados

$$FE_i \cdot FE_c \cdot FS_w \cdot FS_o \cdot FS_s$$

Onde:

FE _i	Fator de emissão integrado sazonalmente para uma determinada área colhida
FE _c	Fator de emissão integrado sazonalmente para campos de arroz continuamente inundados sem adições orgânicas
FS _w	Fator de escala para contabilizar as diferenças no ecossistema e o regime de água
FS _o	Fatores de escala devem variar para os tipos e quantidades de adições orgânicas aplicadas (exemplo: palha de arroz, adubo verde, dejetos animais, composto, e resíduos agrícolas)
FS _s	Fator de escala para tipo de solo, se disponível

O total das emissões anuais de CH₄ é calculado como a soma das emissões ocorridas em diferentes condições de cultivo de arroz no estado. Assim, define-se F como a soma de F_c, conforme a Equação 3, a seguir.

Equação 3 - Total das emissões anuais

$$\sum_i \cdot \sum_j \cdot \sum_k \cdot (FE_{ijk} \cdot A \cdot 10^{-12})$$

Os fatores i, j e k representam diferentes ecossistemas, regimes de manejo de água, adições orgânicas, e outras condições sob as quais as emissões de CH₄ podem variar.

Informações requeridas para o cálculo das emissões

1) Área de colheita de arroz por regime de manejo de água [m²]: a área cultivada é multiplicada pelo número de cultivos realizados no ano¹;

1 Quando se realizam duas safras em um mesmo ano, o produtor pode utilizar-se da soca, uma rebrota do arroz que leva até 3 meses para produzir. Entretanto, não há estatísticas no Estado e nos municípios, a respeito da área plantada que utiliza a prática de soca, o que dificulta estimativas mais acuradas.

A produção de arroz pode ocorrer sob diferentes condições de manejo de água, como descrito a seguir:

1. sequeiro (ou terra firme): os campos nunca são inundados, e portanto, os dados de área colhida nessas condições não são utilizados nas estimativas;
2. terras baixas: os campos são inundados por um período significativo de tempo;
 - 2.1. irrigado: o regime de água é totalmente controlado;
 - 2.1.1. continuamente inundado: os campos apresentam uma lâmina de água ao longo da estação de crescimento de arroz e podem estar secos somente para a colheita;
 - 2.1.2. intermitentemente inundado: os campos apresentam, pelo menos, um período de aeração de mais de três dias durante a estação de cultivo;
 - 2.1.2.1. aeração única: os campos de arroz são submetidos a apenas uma aeração durante a estação de cultivo em qualquer estágio de crescimento;
 - 2.1.2.2. múltiplas aerações: os campos são submetidos a mais de um período de aeração durante a estação de cultivo;
 - 2.2. alimentado por chuva: o regime de água depende exclusivamente da precipitação pluviométrica;
 - 2.2.1. várzea úmida: o nível de água pode subir até 50 cm durante a estação de crescimento;
 - 2.2.2. várzea seca: períodos de ausência de chuva (seca) ocorrem durante cada estação de cultivo;
 - 2.3. arroz de água profunda: a água de inundação sobe a mais de 50 cm por um período significativo de tempo durante a estação de crescimento;
 - 2.3.1. campos inundados com profundidade de água de 50-100 cm;
 - 2.3.2. campos inundados com profundidades de água maiores que 100 cm. No Brasil, normalmente, não são observados regimes de água como este último tipo, exceto em algumas áreas da Região Amazônica, por ocasião das cheias.

2) Fatores de emissão de CH₄ (FE) integrados ao fator de sazonalidade, para diferentes ecossistemas de arroz (em função de regimes de água) sem aplicação de fertilizantes orgânicos; valores de FE são calculados com base em medições de fluxos de CH₄ integrados à estação de crescimento do arroz. Neste relatório, utilizou-se o valor de 20 g.m⁻², que corresponde à média aritmética de fatores de emissão encontrados por diversos países, conforme o IPCC (1996) (Tabela 1).

3) Fatores de escala

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 (IPCC, 2006).

Tabela 1 - Fator de emissão integrado definido para vários países do mundo

País	Fator de emissão integrado sazonalmente, FE [g.m ⁻²]	Literatura
Austrália	22,5	NGGIC, 1996
China	13 (10-22)	WASSMAN et al., 1993a
Índia	10 (5-15)	MITRA, 1996; PARASHAR et al., 1996
Indonésia	18 (5-44)	NUGROHO et al., 1994 a,b
Itália	36 (17-54)	SCHUTZ et al., 1989a
Japão	15	MINAMI, 1995
República da Coreia	15	SHIN et al., 1995
Filipinas	(25-30)	NEUE et al., 1994; WASSMAN et al., 1994
Tailândia	16 (4-40)	TOWPRYAOON et al., 1993
EUA (Texas)	25 (15-35)	SASS; FISHER, 1995
Média aritmética	20 (12-28)	

Fonte: IPCC (1996)

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, esses fatores de escala variam de 0,8 a 0,4, dependendo da tendência a serem mais ou menos úmidas, respectivamente. Aos sistemas cultivados sob regimes de água intermitente são atribuídos fatores que variam conforme a ocorrência de aeração única (fator estimado em 0,5, em média) ou múltipla (em média, 0,2).

Outro fator de escala proposto pelo IPCC (2000) refere-se à adição de resíduos orgânicos ao solo (SFo), como por exemplo, palha, dejetos animais, e outros materiais.

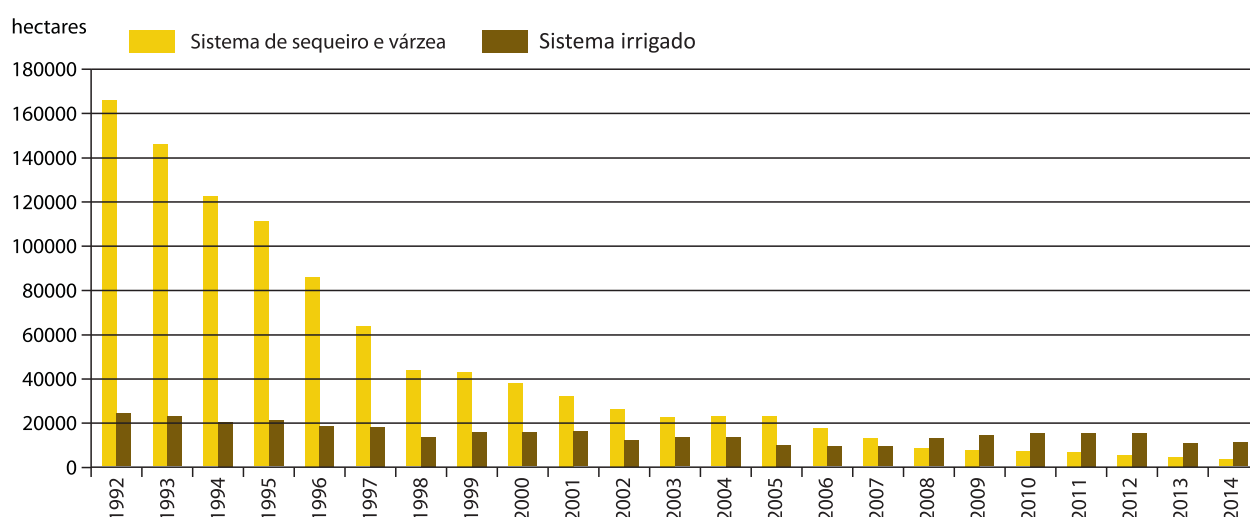
3 Dados utilizados

O Instituto de Economia Agrícola (IEA) disponibiliza um banco de dados sobre estatísticas da produção paulista (IEA, 2014), o que inclui a área (em hectares) e produção (em sacas de 60 kg) de arroz em casca em 4 níveis de dados: por estado, por região administrativa, por escritório regional e por município. Dados de área de arroz irrigado só estão disponíveis a partir de 1992 por região administrativa, escritório regional e para o estado. A partir de 2000 estes dados são apresentados também por município.

Segundo este banco de dados, o Estado de São Paulo apresentava em 1992 um total de 189,6 mil ha de área de produção de arroz, sendo 165,8 mil ha em sistemas de sequeiro e várzea e 23,7 mil ha irrigado.

Em 2008, a área total de produção de arroz no estado encontrava-se reduzida a 21 mil ha (uma redução de 89% em relação a 1992), sendo 12 mil ha (61%) cultivada com sistema de irrigação, e 8 mil ha (39%) em condição de sequeiro e/ou várzea. No Gráfico 1 apresenta-se a evolução da área cultivada de arroz de sequeiro e várzea e de arroz irrigado no período de 1992 a 2014.

Gráfico 1 - Evolução da área colhida de arroz de sequeiro e várzea e de arroz irrigado no Estado de São Paulo de 1983 a 2009



Fonte: IEA (2014)

Na Figura 1 apresenta-se a distribuição da área colhida total de arroz no Estado de São Paulo em 2008, tendo o banco de dados do IEA (2014) como referência.

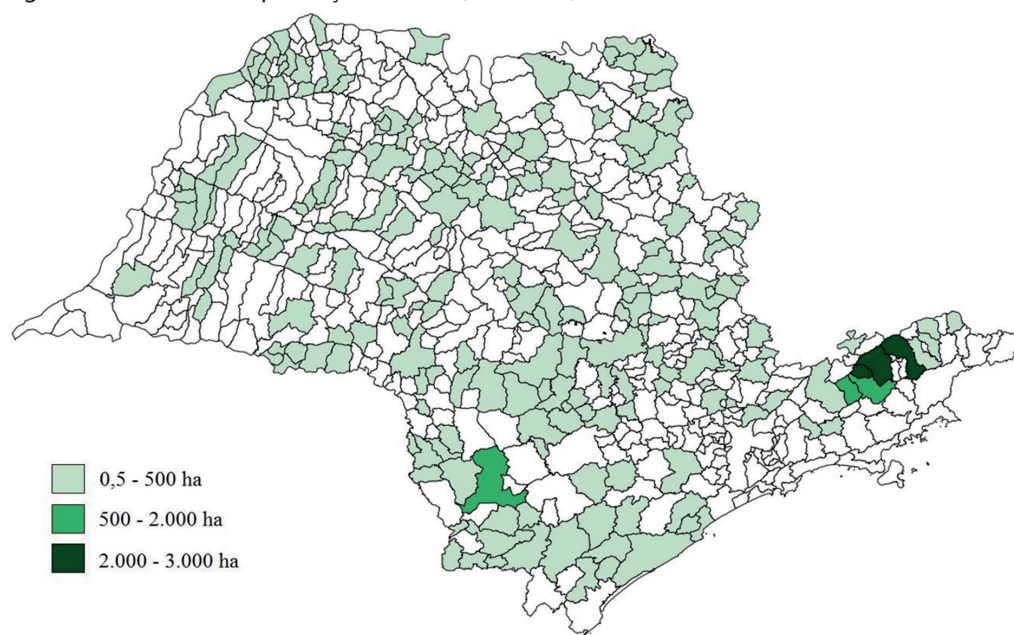
Atualmente, novas variedades de arroz de sequeiro, mais produtivas e viáveis economicamente, vêm sendo desenvolvidas no Estado, evidenciando alguns sinais de recuperação em sua produção. Além disso, a legislação ambiental prevê a preservação de áreas de várzeas, o que limita a sua utilização para o cultivo de arroz.

O arroz de várzea e irrigado por inundação no Estado de São Paulo é cultivado, principalmente, em áreas de organossolos, gleissolos e cambissolos.

Grande parte das áreas cultivadas de arroz inundado é mecanizada e emprega fertilizantes químicos, principalmente na forma de uréia e sulfato de amônia. A adição de dejetos animais ou outros materiais orgânicos é pouco utilizada. Normalmente, a palha é incorporada ao solo antes do plantio.

Considerando, ainda, os dados disponibilizados pelo banco de dados do IEA (2014), a partir de 1992, pode-se observar um aumento de 34,2% na produtividade do arroz de sequeiro e várzea

Figura 1 - Área total de produção de arroz, em 2008, no Estado de São Paulo



Fonte: IEA (2014)

(de $1,5\text{t.ha}^{-1}$ em 1992 para $2,1\text{t.ha}^{-1}$ em 2008) e 68,3% na produtividade do arroz irrigado (de $3,37\text{t.ha}^{-1}$ em 1992 para $5,7\text{t.ha}^{-1}$ em 2009), embora nesta última categoria estejam incluídas as áreas de arroz favorecido e irrigado por equipamentos de aspersão, pivô central, gotejamento e auto-propelido.

3.1 Sistemas de Cultivo de Arroz no Estado de São Paulo

O IEA (2014) disponibiliza dados de área de arroz de sequeiro e de várzea conjuntamente, em hectares, não sendo discriminadas as áreas específicas para cada um destes sistemas. As áreas de arroz irrigado, cujos dados foram somente apresentados a partir de 1992, referem-se a cultivos com sistema de irrigação por pivô central, por aspersão, gotejamento, autopropelido, e convencional, e por inundação. Não há especificação sobre o regime de água utilizado (contínuo, intermitente, com aeração única ou múltipla, e/ou outros manejos). A não disponibilidade de dados de área por manejo de água constitui fonte de incerteza para as estimativas de emissão de gases a que trata este relatório.

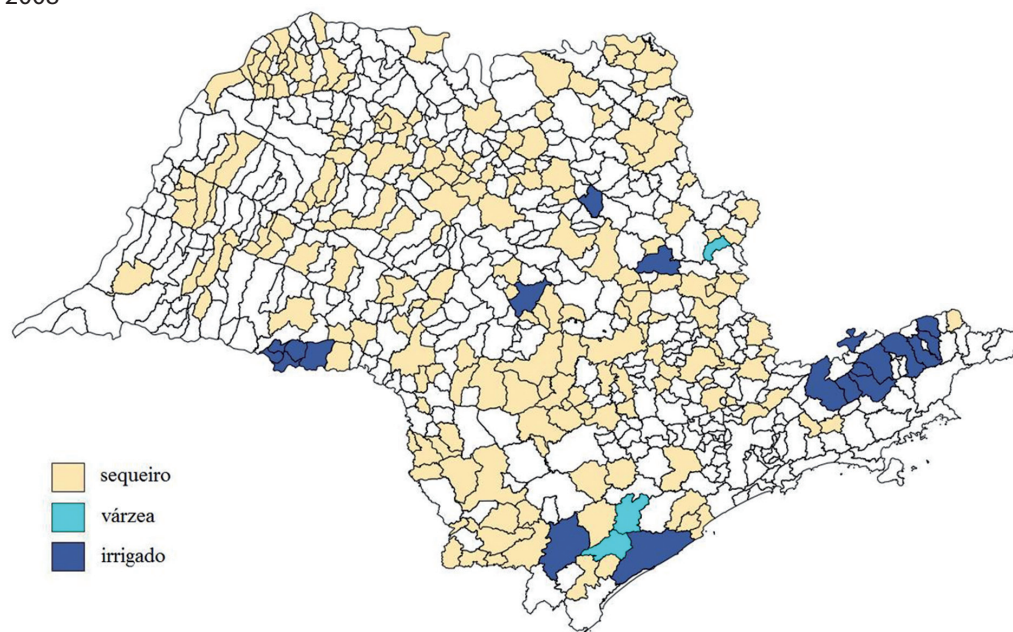
O Sistema de Recuperação Automática de Dados (SIDRA) do IBGE apresenta dados totais de área colhida de arroz em casca, em hectares, sem distinção dos sistemas de produção (sequeiro, várzea e irrigado). Em função desta limitação, optou-se por utilizar os dados do banco de dados do IEA (2014), embora as áreas de arroz de várzea estivessem contabilizadas junto às áreas de sequeiro)

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. O Levantamento de Unidades de Produção Agrícola (LUPA) considera áreas irrigadas as que empregam equipamentos de irrigação (pivô, autopropelido, aspersão, e outros.). Dados de áreas de arroz cultivados sob regime de inundação encontram-se também incluídos nesta classe, como encontrado para municípios como Pindamonhangaba, Tremembé, Taubaté, e outros. Assim, para as estimativas de emissão de CH_4 , foram utilizadas as áreas de cultivo de arroz apresentadas no banco de dados do IEA, por município, reclassificando-as, de acordo com as classes sugeridas por Machado (1987), quanto ao sistema mais representativo (sequeiro, várzea, irrigado por inundação) de cada município. Consultas a casas de agricultura, escritórios regionais e depar-

tamentos de distribuição de sementes, e, de modo geral, a especialistas em cultivo de arroz no estado foram realizadas para auxiliar na subdivisão destes sistemas.

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 (2014) 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.

Figura 2 - Distribuição municipal dos sistemas de cultivo de arroz no Estado de São Paulo em 2008



Fonte: Baseado em dados do IEA (2014).

3.2 Fator de Emissão Sazonalmente Integrado de CH_4 e Fatores de Escala utilizados

Estudos realizados em áreas de cultivo de arroz irrigado na região do Vale do Paraíba apontaram para um fator de emissão médio de $19,2\text{g de CH}_4.\text{m}^{-2}$, com base nas safras de 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005 e de 2005/2006, utilizando sistema de transplântio, com a variedade IAC-103, em gleissolo, no Município de Pindamonhangaba, SP (Tabela 2). Entretanto, a grande parte dos agricultores desta região utilizam o sistema pré-germinado em suas lavouras. Um experimento realizado em Tremembé, SP, na safra de 2007/2008, tendo como base o cultivo de arroz em sistema pré-germinado, resultou num fator de emissão de $89,3\text{gCH}_4.\text{m}^{-2}$, bem superior à média encontrada para o sistema de transplântio usado em Pindamonhangaba. Foram realizados outros estudos utilizando sistema pré-germinado na área experimental de Pindamonhangaba, resultando em fluxos sazonais de $30\text{-}40\text{ g CH}_4.\text{m}^{-2}$ (dados não publicados).

Foi utilizado o fator de emissão de $20\text{ g CH}_4.\text{m}^{-2}$ indicado pelo método revisado do IPCC (1996), para os cálculos de emissão de CH_4 pelo cultivo de arroz inundado no Estado de São Paulo. Este fator de emissão de CH_4 integrado sazonalmente é multiplicado por fatores de escala de emissão FSw e FSo, conforme a Tabela 3 e a Tabela 4, respectivamente, relacionados ao manejo de água e à incorporação de material orgânico.

O regime de manejo de água predominante de cultura de arroz irrigado por inundação no Estado de São Paulo é o contínuo, cujo fator de escala de emissão de CH_4 correspondente é 1.

Para o fator de escala SFo, que incorpora a informação sobre o tipo e quantidade de adição orgânica aplicada (palha de arroz, esterco animal, adubo verde, composto, e resíduos agrí-

colas) à área de cultivo de arroz, utilizou-se o fator “default” sugerido pelo IPCC (2000), de 1,5, conforme apresentado na Tabela 4. Foi assumido que a quantidade de material orgânico, especialmente na forma de palha de arroz, aplicado ao solo é de, aproximadamente, 2 toneladas/ha para as áreas de arroz inundado do Estado de São Paulo.

Tabela 2 - Fluxos sazonais de emissão de CH₄ obtidos em área experimental da APTA Vale Paraíba, em Pindamonhangaba, SP, sob condições de regime contínuo de água, transplântio de mudas, uso de fertilizante nitrogenado (uréia), sem adição de fertilizantes orgânicos

Área de estudo	Sistema de manejo	Emissões sazonais de metano (g.m ⁻²)				
		Safrá				
Sudeste		2002/2003	2003/2004	2004/2005	Média	
Pindamonhangaba, SP	Plantio convencional, regime contínuo	32,84± 0,24	8,92± 1,05	18,91± 2,38	20,22± 12,01	
Pindamonhangaba, SP	Plantio convencional, regime intermitente	36,00± 10,65		5,68± 2,12	16,20± 2,54	19,29 ± 15,39

Fonte: LIMA et al. (2012)

Tabela 3 - Fatores de escala para emissões de CH₄ em ecossistemas orizícolas, relativos ao manejo de água, e sem considerar adições de fertilizantes orgânicos (SFw)

Regime de água			Fator de escala
Sequeiro (ou terra firme)			0
Terras Baixas	Irrigado	Continuamente inundado	1
	Intermitentemente inundado	Aeração única	0,5 (0,2 - 0,7)
		Múltiplas aerações	0,2 (0,1 - 0,3)
	Alimentado por chuva	Várzea úmida	0,8 (0,5 - 1,0)
		Várzea seca	0,4 (0 - 0,5)
	Água profunda	Profundidade entre 50 e 100 cm	0,8 (0,6 - 1,0)
		Profundidade maior que 100 cm	0,6 (0,5 - 0,8)

Fonte: IPCC (1996).

Tabela 4 - Fator de escala para adições orgânicas não fermentadas (SFo)

Quantidade aplicada como matéria seca (t/ha)	Fator de escala (SFo)	Faixa
1 - 2	1,5	1 - 2
2 - 4	1,8	1,5 - 2,5
4 - 8	2,5	1,5 - 3,5
8 - 15	3,5	2 - 4,5
15+	4	3 - 5

Fonte: DENIER VAN DER GON e NEUE (1995)

4 Resultados

Foram estimadas emissões de 3,27Gg de CH₄ proveniente do cultivo de arroz sob regime de várzea e inundação em 2008 no Estado de São Paulo, representando uma redução de 46% em relação ao ano de 1992 (5,63 Gg CH₄) como observa-se na Tabela 5. O sistema de cultivo de arroz irrigado por inundação contribuiu com 97% do total estimado em 2008. O uso de várzeas para o cultivo de arroz foi gradualmente reduzido no estado, sobretudo em função de pressões ambientais, sendo que grande parte da área cultivada atualmente adota o sistema de sequeiro. Ainda assim, a área de arroz de terras altas tem sido reduzida, dando espaço a outras culturas, como por exemplo, cana de açúcar.

Tabela 5 - Emissões de CH₄ pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação no Estado de São Paulo no período de 1990 a 2009

Emissão de CH ₄			
Ano	Arroz de várzea	Arroz irrigado por inundação	Total
	(Gg)		
1990	2,40	0,00	2,40
1991	2,28	0,00	2,28
1992	0,54	5,09	5,63 ¹
1993	0,27	4,91	5,18
1994	0,33	4,56	4,89
1995	0,28	4,44	4,72
1996	0,25	4,23	4,48
1997	0,23	3,98	4,21
1998	0,27	3,19	3,47
1999	0,26	3,43	3,69
2000	0,14	3,71	3,84
2001	0,08	3,66	3,74
2002	0,07	3,31	3,38
2003	0,07	3,31	3,38
2004	0,06	3,34	3,39
2005	0,06	2,88	2,94
2006	0,08	2,78	2,86
2007	0,02	2,80	2,82
2008	0,01	3,26	3,27
2009	0,04	3,76	3,80

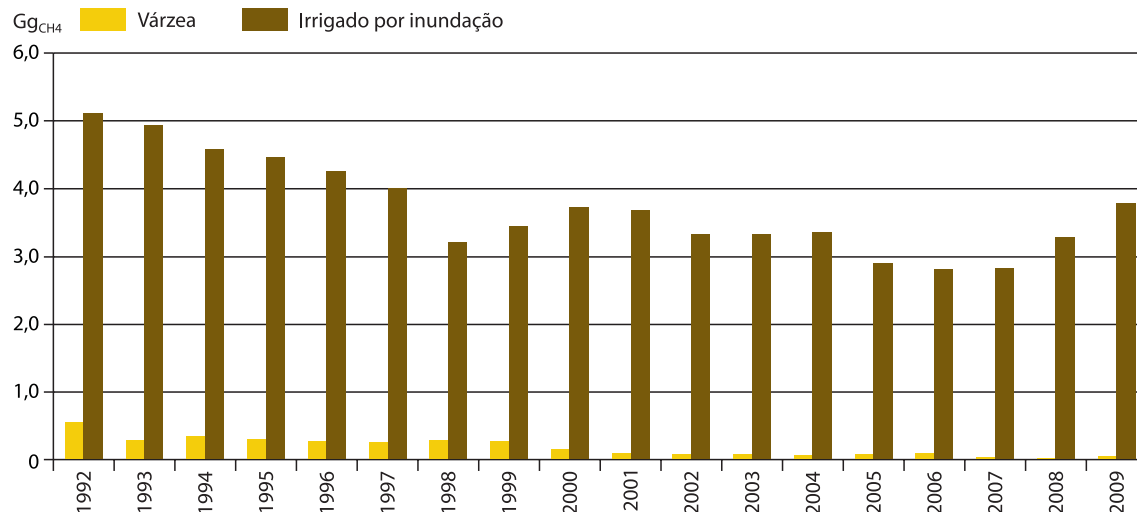
Fonte: EMBRAPA (2014)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento;

¹ Observa-se que do ano de 1991 para 1992, existe um aumento nas emissões de metano, isso deve-se à não existência de dados para o cultivo de arroz irrigado por inundação para o período anterior ao ano de 1992.

No Gráfico 2, apresenta-se a evolução da emissão de CH₄ de 1992 a 2009 no Estado de São Paulo, por sistema de manejo (várzea e irrigado por inundação)

Gráfico 2 - Evolução da emissão de CH₄ proveniente do cultivo de arroz irrigado por inundação no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg CH₄)



Fonte: EMBRAPA (2012)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

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 1992 a 1999, por região administrativa do Estado de São Paulo e na Tabela 5, 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 (2014) apresentar dados de produção de arroz por município somente a partir de 2000, conforme relatado anteriormente.

Tabela 6 - Estimativas de emissão de metano pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação por região administrativa do Estado de São Paulo, com produção de arroz de várzea e irrigado por inundação, para o período de 1990 a 1999

Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m ²)	Fator Escala (FSw)	Fator Escala (FSO)	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)	Emissão de CH ₄ (t)
Registro	1990	2.838,00	4231,2	1,49	Várzea	28380000	0,4	1,5	0,000341	0,34056	340,56
Registro	1991	2.497,00	3718,68	1,49	Várzea	24970000	0,4	1,5	0,000300	0,29964	299,64
Registro	1992	2.222,00	2764,98	1,24	Várzea	22220000	0,4	1,5	0,000267	0,26664	266,64
Registro	1993	1.559,00	2147,52	1,38	Várzea	15590000	0,4	1,5	0,000187	0,18708	187,08
Registro	1994	2.170,00	2598,3	1,20	Várzea	21700000	0,4	1,5	0,000260	0,2604	260,4
Registro	1995	1.770,00	2454,6	1,39	Várzea	17700000	0,4	1,5	0,000212	0,2124	212,4
Registro	1996	1.617,00	2306,4	1,43	Várzea	16170000	0,4	1,5	0,000194	0,19404	194,04
Registro	1997	1.502,00	2184	1,45	Várzea	15020000	0,4	1,5	0,000180	0,18024	180,24
Registro	1998	1.506,00	3347,1	2,22	Várzea	15060000	0,4	1,5	0,000181	0,18072	180,72
Registro	1999	1.474,00	3450,6	2,34	Várzea	14740000	0,4	1,5	0,000177	0,17688	176,88
Registro	1990	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Registro	1991	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Registro	1992	125,00	342	2,74	Inundação	1250000	1	1,5	0,000038	0,0375	37,5
Registro	1993	125,00	342	2,74	Inundação	1250000	1	1,5	0,000038	0,0375	37,5
Registro	1994	140,00	373,5	2,67	Inundação	1400000	1	1,5	0,000042	0,042	42
Registro	1995	125,00	325,2	2,60	Inundação	1250000	1	1,5	0,000038	0,0375	37,5
Registro	1996	150,00	361,2	2,41	Inundação	1500000	1	1,5	0,000045	0,045	45
Registro	1997	152,00	330,6	2,18	Inundação	1520000	1	1,5	0,000046	0,0456	45,6
Registro	1998	670,00	2328	3,47	Inundação	6700000	1	1,5	0,000201	0,201	201
Registro	1999	670,00	3197,4	4,77	Inundação	6700000	1	1,5	0,000201	0,201	201
São José dos Campos	1990	17.134,00	57752,16	3,37	Várzea	171340000	0,4	1,5	0,002056	2,05608	2056,08
São José dos Campos	1991	16.534,00	60514,44	3,66	Várzea	165340000	0,4	1,5	0,001984	1,98408	1984,08
São José dos Campos	1992	2.279,00	7894,62	3,46	Várzea	22790000	0,4	1,5	0,000273	0,27348	273,48
São José dos Campos	1993	704,00	1443,3	2,05	Várzea	7040000	0,4	1,5	0,000084	0,08448	84,48
São José dos Campos	1994	564,00	1058,04	1,88	Várzea	5640000	0,4	1,5	0,000068	0,06768	67,68
São José dos Campos	1995	565,00	1087,56	1,92	Várzea	5650000	0,4	1,5	0,000068	0,0678	67,8
São José dos Campos	1996	478,00	1027,26	2,15	Várzea	4780000	0,4	1,5	0,000057	0,05736	57,36
São José dos Campos	1997	439,00	928,26	2,11	Várzea	4390000	0,4	1,5	0,000053	0,05268	52,68
São José dos Campos	1998	777,00	2168,16	2,79	Várzea	7770000	0,4	1,5	0,000093	0,09324	93,24
São José dos Campos	1999	734,00	2243,4	3,06	Várzea	7340000	0,4	1,5	0,000088	0,08808	88,08
São José dos Campos	1990	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
São José dos Campos	1991	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Continua

Continuação

Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m ²)	Fator Escala (FSw)	Fator Escala (FSo)	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)	Emissão de CH ₄ (t)
São José dos Campos	1992	16.830,00	60649,8	3,60	Inundação	168300000	1	1,5	0,005049	5,049	5049
São José dos Campos	1993	16.228,00	61504,8	3,79	Inundação	162280000	1	1,5	0,004868	4,8684	4868,4
São José dos Campos	1994	15.061,00	63493,8	4,22	Inundação	150610000	1	1,5	0,004518	4,5183	4518,3
São José dos Campos	1995	14.684,00	60025,5	4,09	Inundação	146840000	1	1,5	0,004405	4,4052	4405,2
São José dos Campos	1996	13.946,00	58512	4,20	Inundação	139460000	1	1,5	0,004184	4,1838	4183,8
São José dos Campos	1997	13.104,00	54550,8	4,16	Inundação	131040000	1	1,5	0,003931	3,9312	3931,2
São José dos Campos	1998	9.971,00	43761,12	4,39	Inundação	99710000	1	1,5	0,002991	2,9913	2991,3
São José dos Campos	1999	10.758,00	47430	4,41	Inundação	107580000	1	1,5	0,003227	3,2274	3227,4

Fonte: IEA (2014), IPCC (1996 e 2000), Embrapa junto à CATI e especialistas (2014)

Tabela 7 - Estimativas de emissão de metano pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação por município do Estado de São Paulo, para o período de 2000 a 2009

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m ²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
ELDORADO	Registro	2000	150	180	1,2	várzea	1500000	0,4	1,5	0,00	0,018000
ELDORADO	Registro	2001	150	180	1,2	várzea	1500000	0,4	1,5	0,00	0,018000
ELDORADO	Registro	2002	150	180	1,2	várzea	1500000	0,4	1,5	0,00	0,018000
ELDORADO	Registro	2003	170	204	1,2	várzea	1700000	0,4	1,5	0,00	0,020400
ELDORADO	Registro	2004	170	204	1,2	várzea	1700000	0,4	1,5	0,00	0,020400
ELDORADO	Registro	2005	170	204	1,2	várzea	1700000	0,4	1,5	0,00	0,020400
ELDORADO	Registro	2006	170	204	1,2	várzea	1700000	0,4	1,5	0,00	0,020400
ELDORADO	Registro	2007	35	42	1,2	várzea	350000	0,4	1,5	0,00	0,004200
ELDORADO	Registro	2009	12	18	1,5	várzea	120000	0,4	1,5	0,00	0,001440
JACAREI	São José dos Campos	2000	10	36	3,6	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
JACAREI	São José dos Campos	2001	120	360	3	várzea	1200000	0,4	1,5	0,00	0,014400
JACAREI	São José dos Campos	2002	60	180	3	várzea	600000	0,4	1,5	0,00	0,007200
JAÚ	Baurú	2000	100	480	4,8	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
JAÚ	Baurú	2001	100	480	4,8	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
JAÚ	Baurú	2002	100	480	4,8	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
JAÚ	Baurú	2003	100	480	4,8	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
JAÚ	Baurú	2004	100	480	4,8	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
JAÚ	Baurú	2005	80	360	4,5	várzea	800000	0,4	1,5	0,00	0,009600
JAÚ	Baurú	2006	80	360	4,5	várzea	800000	0,4	1,5	0,00	0,009600
JAÚ	Baurú	2007	75	337,5	4,5	várzea	750000	0,4	1,5	0,00	0,009000
JAÚ	Baurú	2008	70	315	4,5	várzea	700000	0,4	1,5	0,00	0,008400
JAÚ	Baurú	2009	70	315	4,5	várzea	700000	0,4	1,5	0,00	0,008400
JAÚ	Baurú	2010	60	252	4,2	várzea	600000	0,4	1,5	0,00	0,007200
JAÚ	Baurú	2011	40	168	4,2	várzea	400000	0,4	1,5	0,00	0,004800
JUQUIA	Registro	2000	15	72	4,8	várzea	150000	0,4	1,5	0,00	0,001800
JUQUIA	Registro	2001	4	28,8	7,2	várzea	40000	0,4	1,5	0,00	0,000480
JUQUIA	Registro	2002	10	36	3,6	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
JUQUIA	Registro	2005	10	36	3,6	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
JUQUIA	Registro	2006	2,5	9	3,6	várzea	25000	0,4	1,5	0,00	0,000300
JUQUIA	Registro	2007	2,5	9	3,6	várzea	25000	0,4	1,5	0,00	0,000300
JUQUIA	Registro	2008	10	36	3,6	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
JUQUIA	Registro	2009	2,5	9	3,6	várzea	25000	0,4	1,5	0,00	0,000300
JUQUIA	Registro	2010	5	18	3,6	várzea	50000	0,4	1,5	0,00	0,000600
JUQUIA	Registro	2011	5	18	3,6	várzea	50000	0,4	1,5	0,00	0,000600
LORENA	São José dos Campos	2002	15	45	3	várzea	150000	0,4	1,5	0,00	0,001800
LORENA	São José dos Campos	2003	50	180	3,6	várzea	500000	0,4	1,5	0,00	0,006000
REGISTRO	Registro	2000	630	3138	4,98	várzea	6300000	0,4	1,5	0,00	0,075600
REGISTRO	Registro	2001	15	36	2,4	várzea	150000	0,4	1,5	0,00	0,001800
REGISTRO	Registro	2002	15	45	3	várzea	150000	0,4	1,5	0,00	0,001800

Continua

Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
REGISTRO	Registro	2003	12	32,4	2,7	várzea	120000	0,4	1,5	0,00	0,001440
REGISTRO	Registro	2004	15	43,2	2,9	várzea	150000	0,4	1,5	0,00	0,001800
REGISTRO	Registro	2005	38	109,44	2,9	várzea	380000	0,4	1,5	0,00	0,004560
REGISTRO	Registro	2006	33	9,9	0,3	várzea	330000	0,4	1,5	0,00	0,003960
REGISTRO	Registro	2008	30	90	3	várzea	300000	0,4	1,5	0,00	0,003600
REGISTRO	Registro	2009	185	555	3	várzea	1850000	0,4	1,5	0,00	0,022200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2000	60	108	1,8	várzea	600000	0,4	1,5	0,00	0,007200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2001	60	108	1,8	várzea	600000	0,4	1,5	0,00	0,007200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2002	60	108	1,8	várzea	600000	0,4	1,5	0,00	0,007200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2003	20	36	1,8	várzea	200000	0,4	1,5	0,00	0,002400
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2004	100	180	1,8	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2005	100	600	6	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2006	60	108	1,8	várzea	600000	0,4	1,5	0,00	0,007200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2007	10	18	1,8	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2008	10	18	1,8	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2009	15	13,5	0,9	várzea	150000	0,4	1,5	0,00	0,001800
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2000	100	360	3,6	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2001	100	240	2,4	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2002	100	240	2,4	várzea	1000000	0,4	1,5	0,00	0,012000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2006	150	405	2,7	várzea	1500000	0,4	1,5	0,00	0,018000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2007	150	405	2,7	várzea	1500000	0,4	1,5	0,00	0,018000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2009	150	405	2,7	várzea	1500000	0,4	1,5	0,00	0,018000
SETE BARRAS	Registro	2000	250	525	2,1	várzea	2500000	0,4	1,5	0,00	0,030000
SETE BARRAS	Registro	2001	260	546	2,1	várzea	2600000	0,4	1,5	0,00	0,031200
SETE BARRAS	Registro	2002	260	624	2,4	várzea	2600000	0,4	1,5	0,00	0,031200
SETE BARRAS	Registro	2003	260	624	2,4	várzea	2600000	0,4	1,5	0,00	0,031200
SETE BARRAS	Registro	2004	270	648	2,4	várzea	2700000	0,4	1,5	0,00	0,032400
SETE BARRAS	Registro	2005	280	672	2,4	várzea	2800000	0,4	1,5	0,00	0,033600
SETE BARRAS	Registro	2006	280	672	2,4	várzea	2800000	0,4	1,5	0,00	0,033600
SETE BARRAS	Registro	2007	10	24	2,4	várzea	100000	0,4	1,5	0,00	0,001200
SETE BARRAS	Registro	2008	65	156	2,4	várzea	650000	0,4	1,5	0,00	0,007800
APARECIDA	São José dos Campos	2000	400	156	3	Inundação	4000000	1	1,5	0,00	0,120000
BARIRI	Baurú	2000	150	450	3	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2001	150	450	3	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2002	150	450	3	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2003	150	630	4,2	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2004	150	540	3,6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2005	150	540	3,6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000

Continua

Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m ²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
BARIRI	Baurú	2006	150	630	4,2	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2007	150	360	2,4	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BARIRI	Baurú	2009	150	630	4,2	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
BOTUCATU	Sorocaba	2000	33	198	6	Inundação	330000	1	1,5	0,00	0,009900
BOTUCATU	Sorocaba	2001	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2002	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2003	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2004	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2005	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2006	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2007	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2008	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2009	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2010	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
BOTUCATU	Sorocaba	2011	25	150	6	Inundação	250000	1	1,5	0,00	0,007500
CACAPAVA	São José dos Campos	2000	1200	4320	3,6	Inundação	12000000	1	1,5	0,00	0,360000
CACAPAVA	São José dos Campos	2001	1200	4320	3,6	Inundação	12000000	1	1,5	0,00	0,360000
CACAPAVA	São José dos Campos	2002	1200	4320	3,6	Inundação	12000000	1	1,5	0,00	0,360000
CACAPAVA	São José dos Campos	2003	1200	4320	3,6	Inundação	12000000	1	1,5	0,00	0,360000
CACAPAVA	São José dos Campos	2004	1200	4320	3,6	Inundação	12000000	1	1,5	0,00	0,360000
CACAPAVA	São José dos Campos	2008	900	3240	3,6	Inundação	9000000	1	1,5	0,00	0,270000
CACAPAVA	São José dos Campos	2009	900	3240	3,6	Inundação	9000000	1	1,5	0,00	0,270000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2000	100	420	4,2	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2001	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2002	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2003	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2004	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2005	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2006	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2007	100	540	5,4	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2008	110	594	5,4	Inundação	1100000	1	1,5	0,00	0,033000

Continua

Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
CACHOEIRA PAULISTA	São José dos Campos	2009	110	594	5,4	Inundação	1100000	1	1,5	0,00	0,033000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2000	40	168	4,2	Inundação	400000	1	1,5	0,00	0,012000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2001	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2002	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2003	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2004	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2005	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2006	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2008	60	270	4,5	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
CRUZEIRO	São José dos Campos	2009	64,2	308,16	4,8	Inundação	642000	1	1,5	0,00	0,019260
ELDORADO	Registro	2001	240	360	1,5	Inundação	2400000	1	1,5	0,00	0,072000
ELDORADO	Registro	2002	30	108	3,6	Inundação	300000	1	1,5	0,00	0,009000
ELDORADO	Registro	2003	50	180	3,6	Inundação	500000	1	1,5	0,00	0,015000
ELDORADO	Registro	2004	50	180	3,6	Inundação	500000	1	1,5	0,00	0,015000
ELDORADO	Registro	2005	60	216	3,6	Inundação	600000	1	1,5	0,00	0,018000
ELDORADO	Registro	2006	50	180	3,6	Inundação	500000	1	1,5	0,00	0,015000
ELDORADO	Registro	2008	118	849,6	7,2	Inundação	1180000	1	1,5	0,00	0,035400
ELDORADO	Registro	2009	120	720	6	Inundação	1200000	1	1,5	0,00	0,036000
FLORINEA	Marília	2000	230	798	3,5	Inundação	2300000	1	1,5	0,00	0,069000
FLORINEA	Marília	2001	200	960	4,8	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
FLORINEA	Marília	2002	200	960	4,8	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
FLORINEA	Marília	2003	200	960	4,8	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
FLORINEA	Marília	2004	150	720	4,8	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2005	150	720	4,8	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2006	150	720	4,8	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2007	150	900	6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2008	150	900	6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2009	150	900	6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2010	150	810	5,4	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
FLORINEA	Marília	2011	120	648	5,4	Inundação	1200000	1	1,5	0,00	0,036000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2000	2500	12000	4,8	Inundação	25000000	1	1,5	0,00	0,750000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2001	2600	12480	4,8	Inundação	26000000	1	1,5	0,00	0,780000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2002	2600	12480	4,8	Inundação	26000000	1	1,5	0,00	0,780000

Continua

Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m ²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2003	2800	13440	4,8	Inundação	28000000	1	1,5	0,00	0,840000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2004	2980	14304	4,8	Inundação	29800000	1	1,5	0,00	0,894000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2005	2980	14304	4,8	Inundação	29800000	1	1,5	0,00	0,894000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2006	2500	12000	4,8	Inundação	25000000	1	1,5	0,00	0,750000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2007	2400	11520	4,8	Inundação	24000000	1	1,5	0,00	0,720000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2008	3000	14400	4,8	Inundação	30000000	1	1,5	0,00	0,900000
GUARATINGUETA	São José dos Campos	2009	2800	13440	4,8	Inundação	28000000	1	1,5	0,00	0,840000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2000	200	464,88	2,3	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2001	200	840	4,2	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2002	200	600	3	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2003	100	300	3	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2004	100	300	3	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2005	100	300	3	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2008	185,8	144	3	Inundação	1858000	1	1,5	0,00	0,055740
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2009	185,8	780,36	4,2	Inundação	1858000	1	1,5	0,00	0,055740
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2010	185,8	780,36	4,2	Inundação	1858000	1	1,5	0,00	0,055740
GUATAPARA	Ribeirão Preto	2011	185,8	780,36	4,2	Inundação	1858000	1	1,5	0,00	0,055740
IGUAPE	Registro	2007	100	600	6	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
IGUAPE	Registro	2008	200	1200	6	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
IGUAPE	Registro	2009	247	1482	6	Inundação	2470000	1	1,5	0,00	0,074100
LORENA	São José dos Campos	2002	120	360	3	Inundação	1200000	1	1,5	0,00	0,036000
LORENA	São José dos Campos	2008	120	576	4,8	Inundação	1200000	1	1,5	0,00	0,036000
LORENA	São José dos Campos	2009	400	1920	4,8	Inundação	4000000	1	1,5	0,00	0,120000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2000	2500	10500	4,2	Inundação	25000000	1	1,5	0,00	0,750000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2001	2500	10500	4,2	Inundação	25000000	1	1,5	0,00	0,750000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2002	2800	11760	4,2	Inundação	28000000	1	1,5	0,00	0,840000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2003	2600	10920	4,2	Inundação	26000000	1	1,5	0,00	0,780000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2004	2800	11760	4,2	Inundação	28000000	1	1,5	0,00	0,840000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2005	2900	12180	4,2	Inundação	29000000	1	1,5	0,00	0,870000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2006	2700	11340	4,2	Inundação	27000000	1	1,5	0,00	0,810000

Continua

Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2007	2900	12180	4,2	Inundação	29000000	1	1,5	0,00	0,870000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2008	2900	12180	4,2	Inundação	29000000	1	1,5	0,00	0,870000
PINDAMONHANGABA	São José dos Campos	2009	2900	12180	4,2	Inundação	29000000	1	1,5	0,00	0,870000
PLATINA	Marília	2010	300	1980	6,6	Inundação	3000000		1,5	0,00	0,000000
POTIM	São José dos Campos	2000	424	2544	6	Inundação	4240000	1	1,5	0,00	0,127200
POTIM	São José dos Campos	2001	424	2544	6	Inundação	4240000	1	1,5	0,00	0,127200
POTIM	São José dos Campos	2003	424	2544	6	Inundação	4240000	1	1,5	0,00	0,127200
POTIM	São José dos Campos	2004	424	2544	6	Inundação	4240000	1	1,5	0,00	0,127200
POTIM	São José dos Campos	2006	424	2544	6	Inundação	4240000	1	1,5	0,00	0,127200
POTIM	São José dos Campos	2007	430	2580	6	Inundação	4300000	1	1,5	0,00	0,129000
ROSEIRA	São José dos Campos	2000	900	4860	5,4	Inundação	9000000	1	1,5	0,00	0,270000
ROSEIRA	São José dos Campos	2001	900	4860	5,4	Inundação	9000000	1	1,5	0,00	0,270000
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2002	1	1,2	1,2	Inundação	10000	1	1,5	0,00	0,000300
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2003	4	28,8	7,2	Inundação	40000	1	1,5	0,00	0,001200
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2004	10	72	7,2	Inundação	100000	1	1,5	0,00	0,003000
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2005	10	72	7,2	Inundação	100000	1	1,5	0,00	0,003000
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2006	10	7,2	7,2	Inundação	100000	1	1,5	0,00	0,003000
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2007	10	36	3,6	Inundação	100000	1	1,5	0,00	0,003000
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2008	10	7,5	3,6	Inundação	100000	1	1,5	0,00	0,003000
S. BENTO DO SAPUCAI	São José dos Campos	2009	10	36	3,6	Inundação	100000	1	1,5	0,00	0,003000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2000	300	1080	3,6	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2001	200	720	3,6	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2002	300	1080	3,6	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2003	300	1080	3,6	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2006	150	540	3,6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000

Continua

Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2008	200	720	3,6	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
S. J. DOS CAMPOS	São José dos Campos	2009	200	720	3,6	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
TARUMA	Marília	2000	220	1518	6,9	Inundação	2200000	1	1,5	0,00	0,066000
TARUMA	Marília	2001	220	1452	6,6	Inundação	2200000	1	1,5	0,00	0,066000
TARUMA	Marília	2002	220	1452	6,6	Inundação	2200000	1	1,5	0,00	0,066000
TARUMA	Marília	2003	200	960	4,8	Inundação	2000000	1	1,5	0,00	0,060000
TARUMA	Marília	2004	300	1854	6,2	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
TARUMA	Marília	2005	330	2178	6,6	Inundação	3300000	1	1,5	0,00	0,099000
TARUMA	Marília	2006	330	2376	7,2	Inundação	3300000	1	1,5	0,00	0,099000
TARUMA	Marília	2007	330	2178	6,6	Inundação	3300000	1	1,5	0,00	0,099000
TARUMA	Marília	2008	330	1782	5,4	Inundação	3300000	1	1,5	0,00	0,099000
TARUMA	Marília	2009	300	1620	5,4	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
TARUMA	Marília	2010	300	1800	6	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
TARUMA	Marília	2011	150	900	6	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
TAUBATE	São José dos Campos	2000	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2001	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2002	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2003	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2004	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2005	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2006	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2007	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2008	1000	4200	4,2	Inundação	10000000	1	1,5	0,00	0,300000
TAUBATE	São José dos Campos	2009	865,3	5088	5,9	Inundação	8653000	1	1,5	0,00	0,259590
TREMEMBE	São José dos Campos	2000	2104	8837	4,2	Inundação	21040000	1	1,5	0,00	0,631200
TREMEMBE	São José dos Campos	2001	2104	8837	4,2	Inundação	21040000	1	1,5	0,00	0,631200
TREMEMBE	São José dos Campos	2002	2104	8837	4,2	Inundação	21040000	1	1,5	0,00	0,631200
TREMEMBE	São José dos Campos	2003	2104	8837	4,2	Inundação	21040000	1	1,5	0,00	0,631200
TREMEMBE	São José dos Campos	2004	2104	8837	4,2	Inundação	21040000	1	1,5	0,00	0,631200
TREMEMBE	São José dos Campos	2006	2100	8837	4,2	Inundação	21000000	1	1,5	0,00	0,630000

Continua

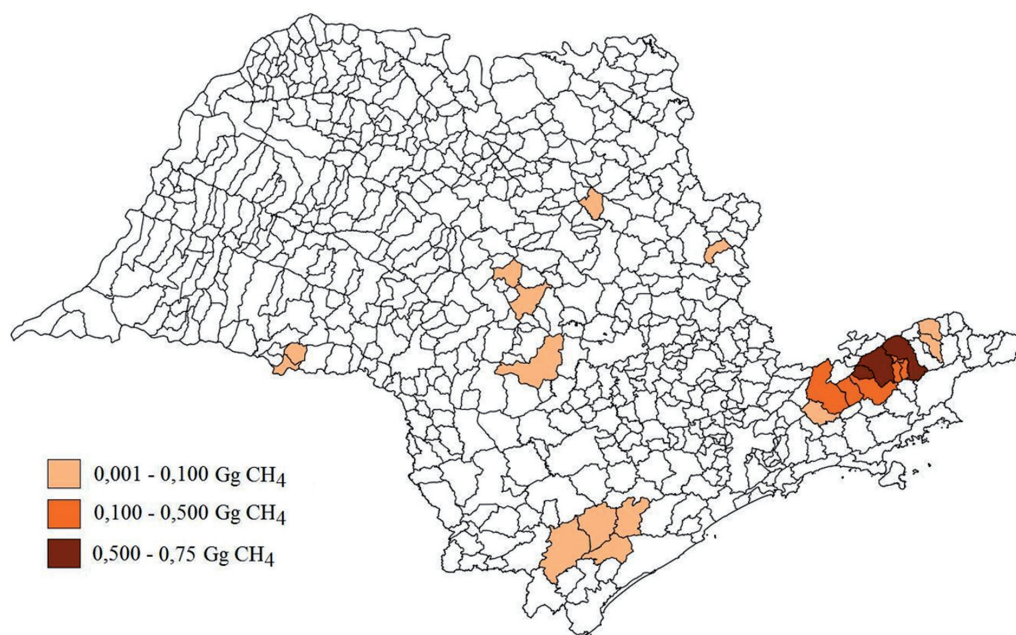
Continuação

Município	Região administrativa	Ano	Área em produção (ha)	Produção (t)	Rendim. (t/ha)	Sist. de manejo	Área (m ²)	Fator Escala FSw	Fator Escala FSo	Emissão de CH ₄ (Tg)	Emissão de CH ₄ (Gg)
TREMEMBE	São José dos Campos	2007	2100	8837	4,2	Inundação	21000000	1	1,5	0,00	0,630000
TREMEMBE	São José dos Campos	2008	2100	8837	4,2	Inundação	21000000	1	1,5	0,00	0,630000
TREMEMBE	São José dos Campos	2009	3501	17640	5,0	Inundação	35007000	1	1,5	0,00	1,050210
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2000	300	2160	7,2	Inundação	3000000	1	1,5	0,00	0,090000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2001	150	1080	7,2	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2002	150	1080	7,2	Inundação	1500000	1	1,5	0,00	0,045000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2003	90	540	6	Inundação	900000	1	1,5	0,00	0,027000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2004	100	600	6	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2005	100	720	7,2	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2006	100	600	6	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2007	100	600	6	Inundação	1000000	1	1,5	0,00	0,030000
VARGEM GR. DO SUL	Campinas	2008	6	36	6	Inundação	60000	1	1,5	0,00	0,001800

Fonte: IEA (2014), IPCC (1996 e 2000), Embrapa junto à CATI e especialistas (2014)

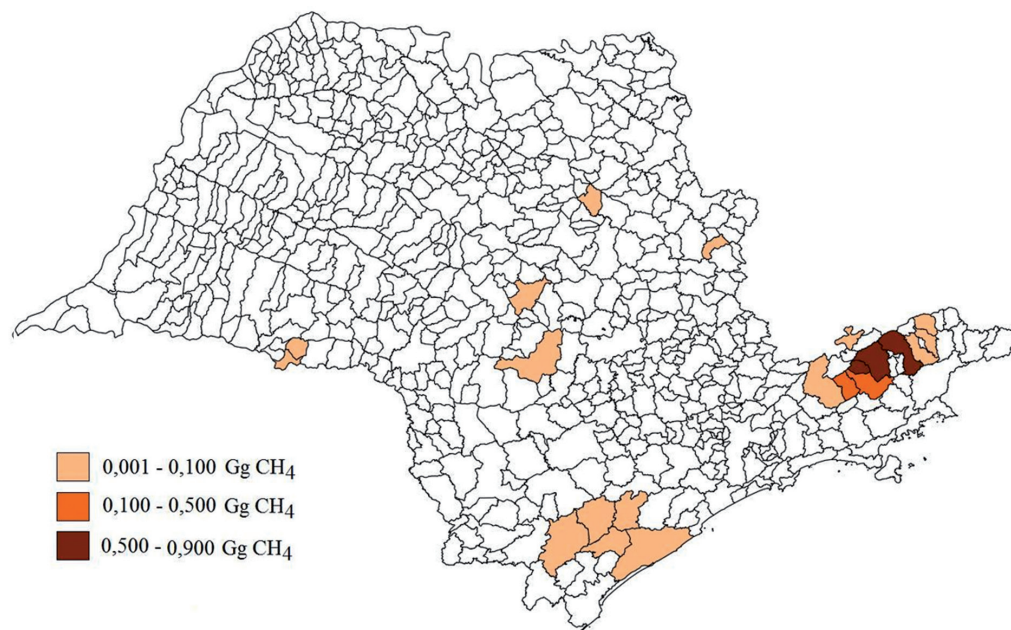
Na Figura 3 e na Figura 4 apresenta-se a distribuição municipal das emissões de CH₄ provenientes do cultivo de arroz em sistema de várzea e irrigado por inundação no Estado de São Paulo, para os anos 2000 e 2008, respectivamente.

Figura 3 - Distribuição municipal das emissões de CH₄ no Estado de São Paulo em 2000



Fonte: IEA (2014)

Figura 4 - Distribuição municipal das emissões de CH₄ no Estado de São Paulo no ano 2008



Fonte: IEA (2014)

5 Considerações Finais

Com base nas estatísticas estaduais de área plantada de arroz e no método revisado de 1996 do IPCC (1996), foram estimadas emissões de 3,27 Gg de CH₄, representando uma redução de quase 50% em relação ao emitido no ano de 1992 pelo cultivo de arroz de várzea e irrigado por inundação. Este resultado reflete a gradual redução do uso de áreas de várzea no Estado de São Paulo, em grande parte motivada pela legislação de proteção de áreas de preservação permanente.

À medida que informações mais detalhadas sobre manejo de água, do solo e de fertilizantes, bem como de cultivares utilizadas na produção de arroz irrigado do Estado de São Paulo se tornarem disponíveis, será possível aprimorar as estimativas de emissão de gases pelo cultivo do arroz, com vistas à redução das incertezas.

Recomenda-se que haja maior interação entre órgãos públicos locais no sentido de compatibilizar informações que atendam aos objetivos de realização de inventários de emissão de gases de efeito estufa.

Referências

- BRASIL. MCT. **Emissões de metano do cultivo de arroz: relatórios de referência: agropecuária. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa.** Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0210/210004.pdf>. Acesso em: out. 2014.
- DENIER VAN DER GON, H.A.C. NEUE, H.U. **Influence of organic matter incorporation on the methane emission from a wetland ricefield.** *Global Biogeochem. Cycles*, 9:11-22, 1995.
- IEA. **Área e produção dos principais produtos da agropecuária.** Banco de dados. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: nov. 2014.
- IPCC. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.** Hayama: IPCC, IGES, 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: jul. 2014.
- _____. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (Volume 3).** Bracknell: IPCC, OECD, IEA, 1997². Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>>. Acesso em: jul. 2014.
- LIMA, M. A. de; FRIGHETTO, R. T. S.; VILLELA, O. V.; COSTA, F. de S.; BAYER, C.; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. **Emissão de metano em cultivo de arroz irrigado por inundação.** In: LIMA, M. A.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R.; MACHADO, P. L. O. de A.; In: URQUIAGA, S. (Ed.). *Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira.* Brasília, DF: Embrapa; Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. p. 193-221.
- MINAMI, K. **The effect of nitrogen fertilizer use and other practices on methane emission from flooded rice.** *Fertilizer Research*. n. 40, p. 71-84, 1995.
- MITRA A. P. **Greenhouse gas inventory for India: 1995 Update,** Global Change Series, 1996.
- NEUE, H. U.; LANTIN, R. S.; WASSMANN, R.; ADUNA, J.B.; ALBERTO, M.C.R.; ANDALES, M.J. **Methane emission from rice soils of the Philippines.** In: *Methane and Nitrous Oxide Global Emissions and Controls from Rice Fields and Other Agricultural and Industrial Sources.* Japan, p. 55-77, 1994.
- NGGIC. **Australian methodology for the estimation of greenhouse gas emissions and sinks; Workbook 5.1: Agriculture - Workbook for non-carbon dioxide gases from the biosphere.** Canberra, Australia: National Greenhouse Gas Inventory Committee, 1996.
- NUGROHO, S. G.; LUMBANRAJA, J.; SUPRAPTO, H.; SUNYOTO; ARDJASA, W. S.; HARAGUCHI, H.; KIMURA, M. **Methane emission from an Indonesian paddy field subjected to several fertilizer treatments.** *Soil Science and Plant Nutrition*. vol. 40, n. 2, p. 275-281, 1994a. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.1994.10413301#.VBclm5RdWE4> > Acesso em: jul, 2014.
- _____. **Effect of intermittent irrigation on methane emission from an Indonesian paddy field.** *Soil Science and Plant Nutrition*. vol. 40, n. 4, p. 609-615, 1994b.
- OLIVEIRA, J. B. **Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no mapa pedológico.** Boletim Científico. Campinas: IAC, n. 45, 108 p., 1999.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais.** Campinas: IAC, 33 p. (Boletim Técnico, 114), 1987.

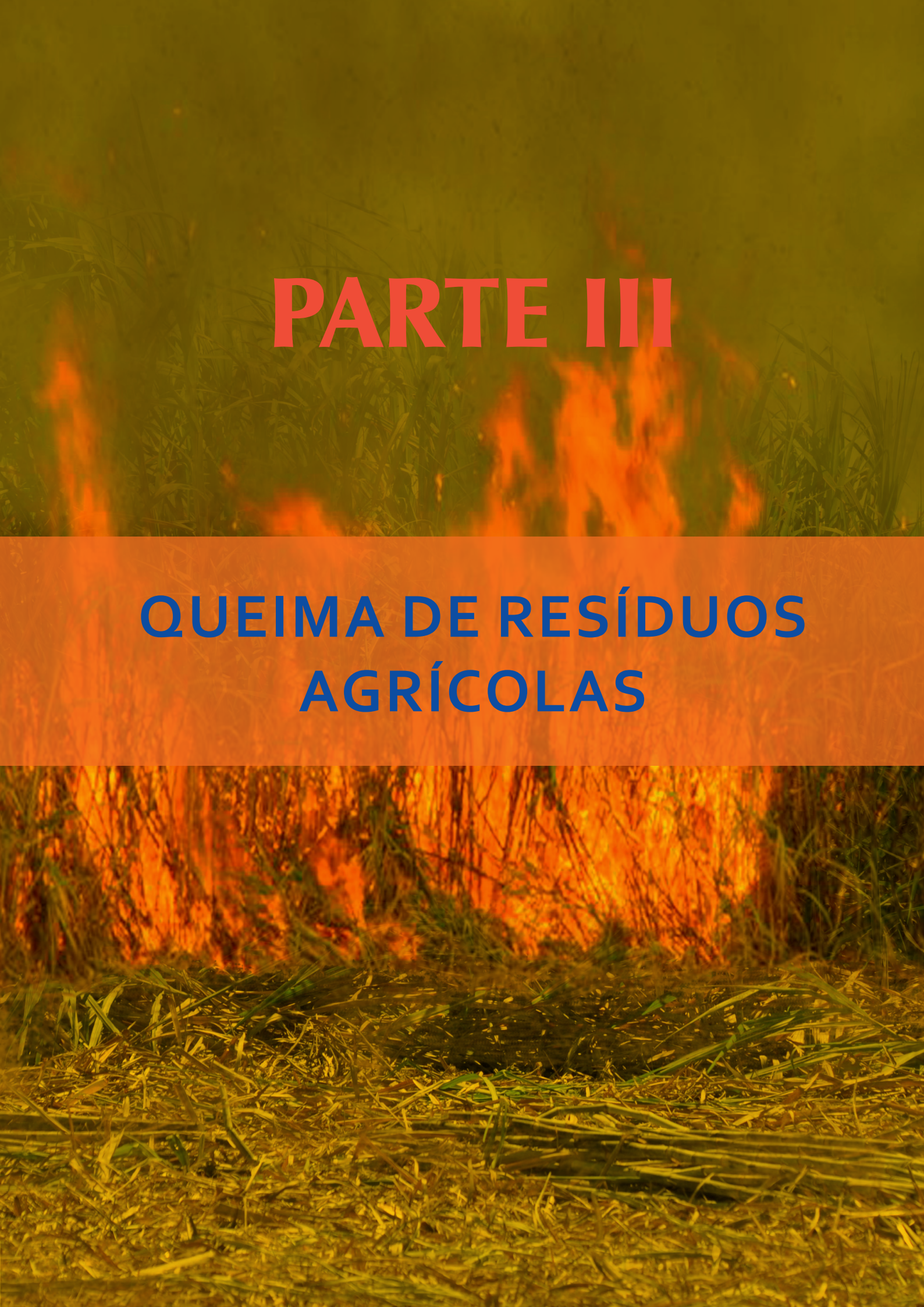
SASS, R. L.; FISHER, F. M. **Methane emissions from Texas rice fields: a five-year study**. In: PENG, Shaobing et al. *Climate Change and Rice*. Berlim: Springer-Verlag, p. 46-59, 1995.

SCHUTZ, H. et al. **A 3-year continuous record on the influence of daytime, season, and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy**. *Journal of Geophysical Research*. Washington: AGU publications, v. 94, n. D13, p. 16405-16416, 1989.

SHIN, Y-K.; YUN, S-H.; PARK, M-E. **Estimation of methane emission by water management and rice straw application in paddy soil in Korea**. *J. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. V. 28 (3), p. 261-265, 1995.

WASSMAN, R.; SCHÜTZ, H.; PAPEN, H.; RENNENBERG, H.; SEILER, W.; AIGUO, D; RENXING, S; XINGJIAN, S; MINGXING, W. **Quantification of methane emissions from Chinese rice fields (Zhejiang Province) as influenced by fertilizer treatment**. *Biogeochemistry*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, vol. 20, n. 2, p. 83-101, 1993.

WASSMANN, R.; NEUE, H.U.; LATIN, R.S.; MAKARIM, K.; CHAREONSILP, N.; BUENDIA, L.V. & RENNENBERG, H. **Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. II. Differences among irrigated, rainfed, and deepwater rice**. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 58, p. 13-22, 2000.



PARTE III

QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Ficha Técnica

Coordenação Técnica

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

Elaboração

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

Marcos Antonio Vieira Ligo - EMBRAPA Meio Ambiente

Maria Conceição Peres Young Pessoa - EMBRAPA Meio Ambiente

Elton Cesar de Carvalho - bolsista CNPq/Pibic

SUMÁRIO

Referências	101
PARTE III - QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS	103
1 Introdução	107
1.1 O Cultivo da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo	107
1.2 Queima de resíduos de cana	107
2 Metodologia	109
3 Dados utilizados na estimativa da massa de carbono emitido na queima de resíduos agrícolas	111
3.1 Produção de cana-de-açúcar (P)	111
3.2 Relação de resíduos (palhiço)/produção (R) e Teor de carbono do resíduo (Tc)	111
3.3 Fração queimada no campo, em % (Fq)	112
3.4 Fração oxidada do resíduo durante a queima (Fo)	113
3.5 Relação Nitrogênio-Carbono (N/C)	114
3.6 Taxas de emissão e fatores de conversão	114
4 Resultados	115
5 Considerações finais	117
Referências	118

TABELAS

Tabela 1 - Estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação entre a produção de palhico e a produção de colmos estimadas para as principais variedades de cana-de-açúcar plantadas em 1990 no Estado de São Paulo	111
Tabela 2 - Estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação ente a produção de palhico/produção de colmos estimadas para as principais variedades de cana-de-açúcar plantadas em 2000 no Estado de São Paulo	112
Tabela 3 - Evolução da área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente, para o período de 1996 a 2007 no Estado de São Paulo.....	113
Tabela 4 - Biomassa seca, eficiência da queima e produtividade de cana-de-açúcar	114
Tabela 5 - Taxas de emissão de gases liberados durante a queima de resíduos agrícolas e fatores de conversão para o cálculo das emissões	114
Tabela 6 - Emissões de gases provenientes da queima de resíduos de cana-de-açúcar para o período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	115

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da área colhida de cana-de-açúcar no período de 1990 a 2006 no Estado de São Paulo	107
Gráfico 2 - Emissões anuais de CH ₄ , em Gg, provenientes da queima de resíduos da cana-de-açúcar e da produção de cana no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	116

EQUAÇÕES

Equação 1 - Massa de C	109
Equação 2 - Emissão de CO	109
Equação 3 - Emissão de CH ₄	109
Equação 4 - Emissão de N ₂ O	110
Equação 5 - Emissão de NO _x	110

1 Introdução

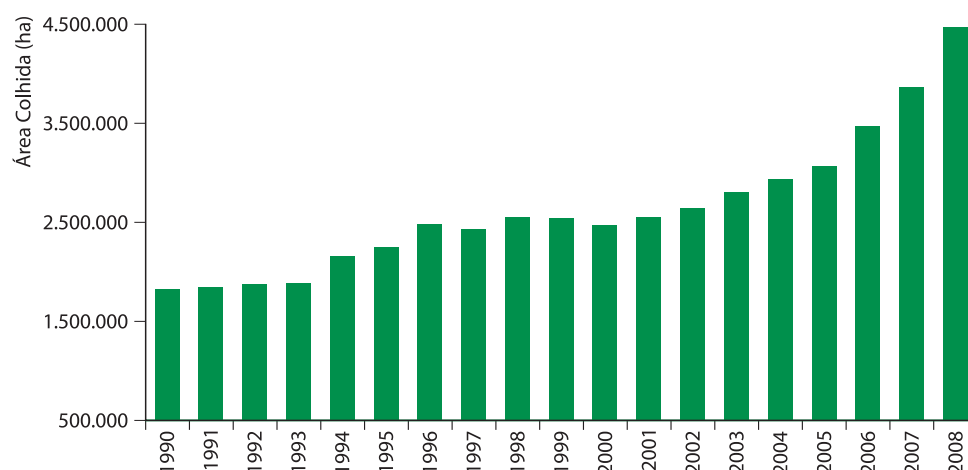
1.1 O Cultivo da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene pertencente ao Gênero *Saccharum*, Família Poaceae, da classe das Monocotiledôneas, da Ordem Graminales. Grande parte das plantas atualmente cultivadas são híbridas da espécie *S. officinarum* L. com outras espécies de características mais rústicas. O cultivo da cana-de-açúcar tem um ciclo médio de 4 anos, desde o plantio até a renovação da cultura.

O Estado de São Paulo representa o principal estado produtor do Brasil, com uma produção de 386.061.274 toneladas no ano de 2008 (59,8% da produção nacional, estimada em 645.300.182 toneladas pelo IBGE (2009), e com uma área colhida de 4.530.784 hectares, (55,7% da área colhida com cana no Brasil, estimada em 8.140.089 ha pelo IBGE (2009) (Gráfico 1).

O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) do IBGE não discrimina a área plantada e colhida de cana-de-açúcar por destino de uso (setor sucroalcooleiro, fabricação de cachaça, rapadura e alimentação animal). Segundo LANDELL et al. (2002), do total de cana cultivada no país estima-se que 10% sejam destinados à alimentação animal, onde não se pratica a queima. Entretanto, esta informação não se encontra disponível por estado, e, portanto, não há como aplicá-la nas estimativas estaduais. A CONAB indica também um percentual de 10% da produção de cana para outras finalidades que não as destinadas ao setor sucroalcooleiro (CONAB, 2005), para as quais não existem estatísticas sobre a prática de queima antes da colheita. Neste relatório as estimativas de emissão de gases consideraram a área total colhida de cana-de-açúcar, conforme dados do IBGE (2009). As áreas totais colhidas do Estado são apresentadas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Evolução da área colhida de cana-de-açúcar no período de 1990 a 2006 no Estado de São Paulo



Fonte: IBGE (2009)

1.2 Queima de resíduos de cana

A prática da queima da cana-de-açúcar na pré-colheita é utilizada com o objetivo de aumentar o rendimento do corte manual, e de auxiliar no preparo do terreno para novos plantios. Em função de uma forte legislação ambiental e a melhoria da tecnologia de colheita mecanizada, esta prática tem sido progressivamente reduzida no Estado de São Paulo. A Lei 11.241 de 2002, que dispõe sobre a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, determina que nas áreas mecanizáveis (cuja inclinação é menor do que 12%), o uso do fogo

deverá ser suspenso gradativamente até 2021. Para as áreas consideradas não mecanizadas a queima deverá ser totalmente eliminada até 2031.

2 Metodologia

Para a elaboração das estimativas foi utilizado o método proposto pelo manual de inventário de gases de efeito estufa do IPCC (1996).

Segundo o IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (IPCC, 1996), o método para estimativa das emissões de gases provenientes da queima de resíduos agrícolas baseia-se no carbono total liberado, que é uma função da biomassa queimada, na aplicação das taxas de emissão de CH₄ e CO para o total de carbono liberado, e de N₂O e NO_x para o total de nitrogênio liberado durante a queima da biomassa.

Para o cálculo da massa de carbono total liberado (C_{massa}) na queima de resíduos agrícolas vegetais (a), os dados requeridos incluem:

- produção vegetal anual, em Gg (P);
- relação de resíduos (palhiço)/produção (colmos, em peso fresco) (R); (0,172 para o período de 1990 a 1996 e 0,199 para o período de 1997 a 2008);
- fração queimada no campo, em % (Fq);
- fração oxidada de resíduos durante a queima (Fo); (0,79);
- Fração de carbono do resíduo queimado (Tc);
- Relação Nitrogênio-Carbono (N/C).

A massa de carbono (C_{massa}), em Gg, liberada durante a queima é estimada de acordo com a Equação 1:

Equação 1 - Massa de C

$$P \cdot R \cdot Fq \cdot Fo \cdot Tc$$

Como as taxas de emissões encontram-se em unidades de carbono (C) ou nitrogênio (N), deve-se empregar fatores de conversão, que consideram o peso molecular dos gases emitidos. A emissão desses gases é calculada como segue na Equação 2, Equação 3, Equação 4 e Equação 5.

A estimativa de emissões de CO foi realizada conforme a Equação 2:

Equação 2 - Emissão de CO

$$E_{CO} = C_{(massa)} \cdot R_{N/C} \cdot T_{CO/N} \cdot \frac{28}{12}$$

Onde:

E_{CO}	Emissão de CO na queima da palha	[t _{CO} /ha]
MC	Massa de carbono emitido	[t _C /ha]
$R_{N/C}$	Relação N/C	[N/C]
$T_{CO/N}$	Taxa de emissão	[CO/N]
46/14	Conversão de peso molecular	[adimensional]

A estimativa de emissões de CH₄ foi realizada conforme a Equação 3:

Equação 3 - Emissão de CH₄

$$E_{CH_4} = MC \cdot R_{N/C} \cdot T_{16/12} \cdot \frac{16}{12}$$

Onde:

E_{CH_4}	Emissão de NOx na queima da palha	[t _{CH₄} /ha]
MC	Massa de carbono emitido	[tC/ha]
$R_{N/C}$	Relação N/C	[N/C]
$T_{CH_4/N}$	Taxa de emissão	[CH ₄ /N]
16/12	Conversão de peso molecular	[adimensional]

A estimativa de emissões de N₂O foi realizada conforme a Equação 4:

Equação 4 - Emissão de N₂O

$$E_{N_2O} = MC \cdot R_{N/C} \cdot T_{N_2O/N} \cdot \frac{44}{28}$$

Onde:

E_{N_2O}	Emissão de N ₂ O na queima da palha	[t _{N₂O} /ha]
MC	Massa de carbono emitido	[tC/ha]
$R_{N/C}$	Relação N/C	[N/C]
$T_{N_2O/N}$	Taxa de emissão	[N ₂ O/N]
44/28	Conversão de peso molecular	[adimensional]

A estimativa de emissões de NO_x foi realizada conforme a Equação 5:

Equação 5 - Emissão de NO_x

$$E_{NOx} = MC \cdot R_{N/C} \cdot T_{NOx/N} \cdot \frac{46}{14}$$

Onde:

E_{NOx}	Emissão de NO _x na queima da palha	[t _{NO_x} /ha]
MC	Massa de carbono emitido	[t _c /ha]
$R_{N/C}$	Relação N/C	[N/C]
$T_{NOx/N}$	Taxa de emissão	[NO _x /N]
46/14	Conversão de peso molecular	[adimensional]

3 Dados utilizados na estimativa da massa de carbono emitido na queima de resíduos agrícolas

3.1 Produção de cana-de-açúcar (P)

As informações de área colhida e produção de cana-de-açúcar foram obtidas do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola-LSPA do IBGE (IBGE, 2009), para o período de 1990 a 2008, por região e Estado do país. Para os anos de 2006 e 2007 foram utilizados dados municipais, devido à disponibilidade de dados de fração queimada de cana pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (Projeto CANASAT) nesses anos específicos.

3.2 Relação de resíduos (palhiço)/produção (R) e Teor de carbono do resíduo (Tc)

Os dados relativos às estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação produção de palhiço/produção de colmos foram extraídos do relatório de referência para o inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa (Brasil, 2010), e são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, correspondendo, respectivamente, às variedades de cana-de-açúcar mais utilizadas nos anos de 1990 e 2000. As variedades listadas na Tabela 1 representavam cerca de 77% da área plantada em 1990 no Estado de São Paulo (GHELLER, 1996). Em 2000, as variedades citadas na Tabela 2 representavam 47% da área plantada no estado. Observou-se uma substituição de variedades no período de 1990 a 2000, e uma diminuição na representatividade das variedades cultivadas no estado no ano 2000. Os dados médios de fração de biomassa seca de algumas variedades indicadas na Tabela 2 foram obtidos em diferentes anos de corte (cana-planta, 1º. corte, 2º. corte, etc.).

Os teores médios de carbono ($42,5 \pm 2,1\%$) (Tc) e de nitrogênio ($1,27 \pm 0,5\%$) e a relação produção de palhiço/ produção de colmos (19,9%) foram obtidos com base nas determinações de RIPOLI et al. (1991), TRIVELIN et al. (1995) e TRIVELIN et al. (1996) (Tabela 1) para as variedades mais plantadas no ano de 1990, sendo estes valores aplicados nas estimativas de emissões de 1990-1996.

Tabela 1 - Estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação entre a produção de palhiço e a produção de colmos estimadas para as principais variedades de cana-de-açúcar plantadas em 1990 no Estado de São Paulo

Variedade	Produção de palhiço (Biomassa seca, t/ha)	Produção de colmos (Biomassa fresca, t/ha)	Produção Palhiço/ Produção colmos (%)	Área plantada em São Paulo, em 1990 (%)	Referências
SP 70-1143	11,7	73,6	15,9	28,5	TRIVELIN et al. (1996);
SP 70-1143	24,0	121,0	19,8	-	TRIVELIN et al. (1995)
SP 71-1406	22,3	73,67	30,2	22,1	RIPOLI et al. (1996); bGHELLER (1996)
NA 56-79	13,7	67,2	20,3	14,6	RIPOLI et al. (1996); bGHELLER (1996)
SP 71-6163	23,9	108,0	22,2	11,6	RIPOLI et al. (1996); bGHELLER (1996)
SP 71-6163	18,4	95,1	19,4	-	RIPOLI et al. (1996)
SP 71-6163	17,0	82,5	20,6	-	RIPOLI et al. (1996)
SP 71-1406	23,3	136,6	17,0	-	RIPOLI et al. (1996)
SP 71-1406	9,5	68,6	13,8	-	RIPOLI et al. (1996)
Média	$18,2 \pm 5,3$	$91,8 \pm 23,6$	$19,9 \pm 4,4$	76,80	

Fonte: Brasil (2010)

O valor médio da relação entre a produção de palhço e a produção de colmos para as principais variedades plantadas no estado no ano 2000 (Tabela 2) foi estimado em 17,2%, com base nos dados agregados de TRIVELIN et al. (1996), TRIVELIN et al. (1995), RIPOLI et al. (1996), Hassuani et al. (2005), e dados experimentais obtidos pela equipe da Embrapa/CNPMA, sendo este valor aplicado para o período de 1997 a 2008. A diferença dos valores aplicados da relação produção de palhço/produção de colmos foi em decorrência das mudanças de variedades plantadas nos anos de 1990 e 2000.

Tabela 2 - Estimativas de biomassa seca, biomassa fresca e relação ente a produção de palhço/produção de colmos estimadas para as principais variedades de cana-de-açúcar plantadas em 2000 no Estado de São Paulo

Variedade	Estágio do corte	Produção de palhço (Biomassa seca)	Produção de colmos (Biomassa fresca)	Produção palhço/ Produção colmos	% da área plantada em São Paulo, no ano 2000
		(t/ha)		(%)	
SP 70-1143	-	11,7 ¹	73,6 ¹	15,9 ¹	5,8 ²
SP 70-1143	-	24,0 ³	121,0 ³	19,8 ³	-
SP 71-1406	-	22,3 ⁴	73,67 ⁴	30,2 ⁴	0,3 ²
NA 56-79	-	13,7 ⁴	67,2 ⁴	20,3 ⁴	-
SP 71-6163	-	23,9 ⁴	108,0 ⁴	22,2 ⁴	0,6 ²
SP 71-6163	-	18,4 ⁴	95,1 ⁴	19,4 ⁴	-
SP 71-6163	-	17,0 ⁴	82,5 ⁴	20,6 ⁴	-
SP 71-1406	-	23,3 ⁴	136,6 ⁴	17,0 ⁴	-
SP 71-1406	-	9,5 ⁴	68,6 ⁴	13,8 ⁴	--
SP 79-1011	Cana planta	17,8 ⁵	120 ⁵	14,8 ⁵	8,6 ²
SP 79-1011	2º. Corte	15,0 ⁵	92 ⁵	16,3 ⁵	
SP 79-1011	4º. Corte	13,7 ⁵	84 ⁵	16,3 ⁵	
SP 80-1842	Cana planta	14,6 ⁵	136 ⁵	10,7 ⁵	0,8 ²
SP 80-1842	2º. Corte	12,6 ⁵	101 ⁵	12,5 ⁵	
SP 80-1842	4º. Corte	10,5 ⁵	92 ⁵	11,4 ⁵	
RB 72454	Cana planta	17,2 ⁵	134 ⁵	12,8 ⁵	18,4 ²
RB 72454	1º. Corte	14,9 ⁵	100 ⁵	14,9 ⁵	
RB 72454	5º. Corte	13,6 ⁵	78 ⁵	17,4 ⁵	
SP 83-2847	5º. Corte	17,4 ⁶	102 ⁵	17 ⁵	0,3 ²
SP 80-1816 RB 82-5486 RB 83-5486 RB 85-5453	Média de 5 cortes e em dois solos	13,4	90	14,8	10,8 ⁴ (SP 80 + RB 85 + RB 83)
Média		17,2 ± 4,7	96,7 ± 21,8	17,2 ± 4,7	

Fonte: Brasil (2010) adaptado de ¹TRIVELIN et al. (1996); ²BELTRAME (2005); ³TRIVELIN et al. (1995); ⁴RIPOLI et al. (1996); ⁵HASSUANI et al. (2005); ⁶CNPMA (dados experimentais obtidos em 2006, conforme citado em Brasil (2010))

3.3 Fração queimada no campo, em % (Fq)

Não se dispõe de estatísticas oficiais sobre a prática de queima de cana-de-açúcar no país para o período considerado neste relatório, e sobre a porcentagem de área de cana colhida mecanicamente que utiliza a prática de queima na pré-colheita.

Em função da dificuldade de acesso a bases de dados não oficiais existentes para o estado, assumiu-se neste relatório que toda a área colhida mecanicamente não foi submetida à queima.

Com base em informações levantadas em sites institucionais, revistas técnicas, Secretarias de Estado, sindicatos ligados ao setor sucroalcooleiro, e consultas a especialistas, estabeleceram-se as frações de área colhida de cana mecanicamente.

Para o Estado de São Paulo, no período de 1990 a 1995, considerou-se que a biomassa da cana-de-açúcar produzida foi exposta na sua totalidade à queima. Em 1996, a adoção de colheita mecanizada, sem queima, foi estimada em 10% da área total plantada no Estado de São Paulo, concentrando-se na região de Ribeirão Preto (SILVA, 1997). Informações sobre a área colhida de cana crua do CTC para o período de 2003 a 2005 no Estado de São Paulo, foram apresentadas por KITAYAMA (2007). Para o período de 2006 a 2007 foram utilizados dados do Projeto Canasat do INPE, e para o ano 2008 foi assumido um aumento de 5% da área queimada do ano anterior, segundo FAPESP (2008).

Para anos anteriores (1997-2002) foram utilizados dados do IDEA News (2002), com interpolação para valores em anos intermediários (1998, 2001, 2002) (Tabela 3).

Tabela 3 - Evolução da área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente, para o período de 1996 a 2007 no Estado de São Paulo

Ano	% de área colhida de cana crua	Referência
1990-1995	0	Estimado
1996	10	Silva (1997)
1997	17,8	IDEA NEWS (2002)
1998	20	Estimado
1999	22,3	IDEA NEWS (2002)
2000	30,5	IDEA NEWS (2002)
2001	29	Estimado
2002	28	Estimado
2003	26	Kitayama (2007)
2004	28	Kitayama (2007)
2005	28	Kitayama (2007)
2006	34,2	INPE (Projeto Canasat)
2007	46,6	INPE (Projeto Canasat)
2008	50,7	Estimado

Fonte: Brasil (2010)

3.4 Fração oxidada do resíduo durante a queima (Fo)

A fração de biomassa seca efetivamente oxidada (79%) foi determinada em experimento de campo pela Embrapa Meio Ambiente para a variedade SP 71-6163, no 4º. ciclo, com material coletado antes e após a queima ocorrida em abril de 1997, em parcela da Usina Santa Elisa, no Município de Sertãozinho, Estado de São Paulo. Os resultados obtidos nesse experimento são apresentados na Tabela 4, comparativamente às estimativas apresentadas por MACEDO (1997). Este valor foi utilizado nas estimativas de emissão segundo o método do IPCC (1996).

Tabela 4 - Biomassa seca, eficiência da queima e produtividade de cana-de-açúcar

	Palhiço	Macedo (1997) Biomassa seca (t/ha)	Embrapa Meio Ambiente Biomassa seca (t/ha)
Material exposto à queima	folhas secas (a)	10,1	7,5
	folhas verdes e pontas (b)	3,8	4,9
	total (T)	13,9	12,4
Biomassa total oxidada (bto) * 100		11,0	9,8
Eficiência da queima (bto/T) * 100		79	79
Produtividade de cana		87,9	86,0

Fonte: Brasil (2010)

3.5 Relação Nitrogênio-Carbono (N/C)

A relação nitrogênio/carbono foi estimada em 0,0299, com base na divisão dos valores de teor de carbono e de nitrogênio apresentados no item 3.2.

3.6 Taxas de emissão e fatores de conversão

As quantidades de CO, CH₄, N₂O e NO_x são estimadas à partir da multiplicação das massas de Carbono (C_{massa}) ou de Nitrogênio (N_{massa}) pelas taxas de emissão e fatores de conversão para cada gás, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Taxas de emissão de gases liberados durante a queima de resíduos agrícolas e fatores de conversão para o cálculo das emissões

Gás	Taxa de Emissão	Fator de Conversão
CO	0,060 (C)	28/12
CH ₄	0,005 (C)	16/12
N ₂ O	0,007 (N)	44/28
NO _x	0,121 (N)	46/14

Fonte: IPCC (1996)

4 Resultados

Os cálculos efetuados para as estimativas de emissões de gases seguiram as recomendações do método de 1996 (IPCC 1996) e do Guia de Boas Práticas (IPCC, 2000).

As estimativas para o período de 1990 a 2008 são apresentadas na Tabela 6. Para o ano de 1990 foram estimadas emissões de 61,18 Gg de CH₄, 1.287,91 Gg de CO, 3,03 Gg de N₂O e 109,37 Gg de NO_x provenientes da queima de resíduos na pré-colheita de cana-de-açúcar, passando a 75,10 Gg de CH₄, 1.580,76 de CO, 3,71 Gg de N₂O e 132,39 Gg de NO_x no ano de 2008.

Tabela 6 - Emissões de gases provenientes da queima de resíduos de cana-de-açúcar para o período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

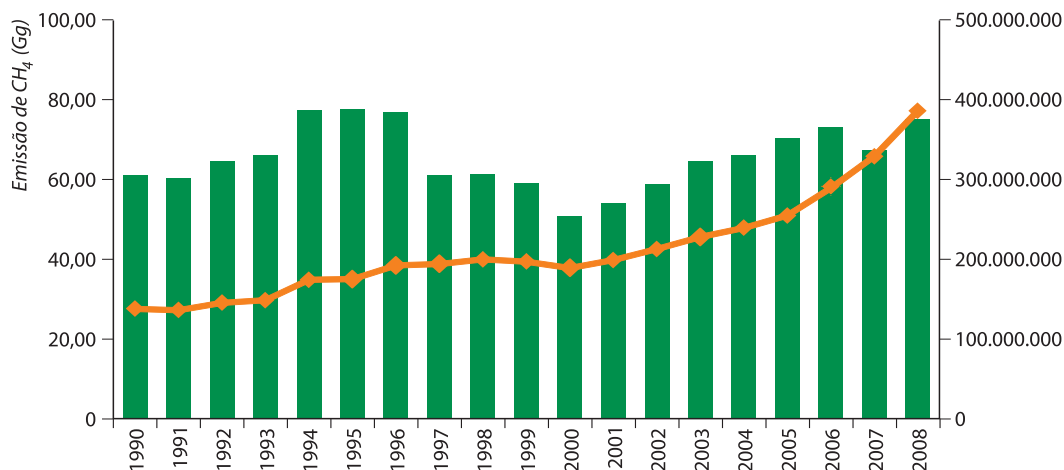
Ano	CH ₄	CO	N ₂ O	NO _x
	(Gg)			
1990	61,18	1.287,91	3,03	109,37
1991	60,46	1.272,63	2,99	108,07
1992	64,59	1.359,53	3,19	115,45
1993	65,98	1.388,94	3,26	117,95
1994	77,28	1.626,77	3,82	138,15
1995	77,66	1.634,80	3,84	138,83
1996	76,83	1.617,31	3,80	137,35
1997	61,04	1.284,91	3,02	109,12
1998	61,32	1.290,77	3,03	109,62
1999	59,00	1.241,88	2,92	105,46
2000	50,77	1.068,69	2,51	90,76
2001	54,19	1.140,68	2,68	96,87
2002	58,76	1.236,85	2,91	105,04
2003	64,73	1.362,48	3,20	115,70
2004	66,17	1.392,80	3,27	118,28
2005	70,39	1.481,67	3,48	125,83
2006	73,03	1.537,36	3,61	130,56
2007	67,42	1.419,27	3,33	120,53
2008	75,10	1.580,76	3,71	132,39
Média	65,57 ± 7,84	1380,32 ± 165,32	3,24 ± 0,39	117,22 ± 14,02

Fonte: Embrapa (2009)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

O Gráfico 2 apresenta o perfil das emissões de CH₄ pela queima de resíduos de cana-de-açúcar no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo, comparada à evolução da produção desta no estado no mesmo período.

Gráfico 2 - Emissões anuais de CH₄, em Gg, provenientes da queima de resíduos da cana-de-açúcar e da produção de cana no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo



Fonte: IBGE (2009)

5 Considerações finais

A área colhida e a produtividade da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo aumentaram significativamente, 150% e 12% respectivamente, entre 1990 e 2008, promovendo um acréscimo de 180% na produção (de 137.835.000 t em 1990 para 386.061.274 t em 2008). Apesar disso, houve um aumento de apenas 22,7% nas emissões estimadas dos gases, fato atribuído ao aumento da mecanização da colheita no estado.

A utilização da queima na pré-colheita da cana tende a ser reduzida no Estado de São Paulo, principal estado produtor, principalmente em consequência à Lei nº 11.241 de 2002, na qual é prevista a suspensão da queima dessa cultura em áreas mecanizáveis (terrenos com declividades menores que 12%) até 2021, sendo que para as áreas consideradas não mecanizadas prevê-se que a queima deverá ser totalmente eliminada até 2031.

Referências

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. **Inventário brasileiro de emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros de gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal**: parte 2. Brasília, DF, 2010. 154p. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0214/214061.pdf>. Acesso em: out. 2014.

CONAB. Cana-de-açúcar - **Safra 2005/2006**: Segundo Levantamento Agosto de 2005. 2005, 14p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/safracana_de_acucaragosto2005.pdf>. Acesso em: ago. 2014

BELTRAME, J. A. **Novas variedades comerciais para a Região Centro Sul para a Região Centro Sul**. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2., Piracicaba, 2005. Anais... Disponível em: <[http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/b2aaf15da221a-95785256a6d006d7a23/edac2f9cd89adda2032570d8004b5f52/\\$FILE/Palestra%20Joao%20Americo%20Beltrame.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/b2aaf15da221a-95785256a6d006d7a23/edac2f9cd89adda2032570d8004b5f52/$FILE/Palestra%20Joao%20Americo%20Beltrame.pdf)>. Acesso em: out. 2014.

FAPESP. **Menos queima no plantio de cana**. [S.l.], 2008. Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/menos_queima_no_plantio_da_cana/8659/>. Acesso em: Out. 2014.

GHELLER, A.C.A. **Variedades de cana-de-açúcar cultivadas no Estado de São Paulo em 1995** - Censo varietal. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL - STAB, 6, Maceió, nov. 1996, Anais. Piracicaba: STAB, 1996. p. 173-180.

HASSUANI, J.S.; LEAL, M.R.L.V.; MACEDO, I.C. **Biomass power generation: sugar cane bagasse and trash**. Piracicaba: PNUD-CTC, 2005. p. il. 27cm. (Série Caminhos para Sustentabilidade)

IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/>> Acesso em: nov. 2009.

IDEA NEWS. **Indicadores de desempenho**. Ribeirão Preto: IDEA NEWS, 2002.

IPCC. **Climate Change 1994: Radiative forcing of climate change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995, 339 p.

IPCC. **Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: reporting instructions**. Bracknell, UK, 1997. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs4.html>>. Acesso em: out. 2014.

IPCC. **Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories**. Hayama, JP. 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: out. 2014.

KITAYAMA, O. **Situação atual e perspectivas de expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil e no Mundo**. Palestra apresentada na OFICINA ANA - Agência Nacional da Água. Única, [S.l.], 2007. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/288297/>>. Acesso em: out. 2014.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P.; ROSSETTO, R.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B.; KANTHACK, R.A.D.; CAVI-CHIOLI, J.C.; VASCONCELOS, A.C.M.; XAVIER, M.A. **A variedade IAC86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção e uso na alimentação animal**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 39p. (Série Tecnologia APTA, boletim técnico IAC, 193).

MACEDO, I.C. **Greenhouse gas emissions and avoided emissions in the production and utilization of sugar cane, sugar and ethanol in Brazil: 1990-1994**. Report for MCT. Coordenação de Pesquisa em Mudanças Globais. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1997. 25 p. (RT-CTC-002/97).

RIPOLI, T.C.; MOLINA JR., W.F.; STUPIELLO, J.P.; NOGUEIRA, M.C.; SACCOMANO, J.B. **Potencial energético de resíduos de cosecha de la caña verde**. Piracicaba: STAB, v. 10. p. 22-26, 1991.

RIPOLI, T.C.; STUPIELLO, J.P.; CARUSO, J.G.B.; ZOTELLI, H.; AMARAL, J.R. **Efeito da queima na exsudação dos colmos: resultados preliminares**. In: Congresso da sociedade dos técnicos açucareiros e alcooleiros do Brasil, 6, 1996, Maceió. Anais. Piracicaba: STAB, 1996. p. 63-70.

SILVA, G.M.A. **Cana crua x cana queimada: restrições técnicas e implicações sociais e econômicas**. In: SECAPI, 2, 1997, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Comissão Organizadora, 1997. p. 55-57.

TRIVELIN, P.C.O.; VICTORIA, R.L.; RODRIGUES, J.C.S. **Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia - 15N e uréia - 15N aplicada ao solo em complemento à vinhaça**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 30, p. 1375-1385. 1995.

TRIVELIN, P.C.O.; RODRIGUES, J.C.S.; VICTORIA, R.L. **Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia - 15N aplicada ao solo em complemento à vinhaça**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 31, p. 89-99. 1996.

PARTE IV

SOLOS AGRÍCOLAS E MANEJO DE DEJETOS



Ficha Técnica

Coordenação Técnica

Bruno José Rodrigues Alves - EMBRAPA Agrobiologia

Elaboração

Bruno José Rodrigues Alves - EMBRAPA Agrobiologia

Magda Aparecida de Lima - EMBRAPA Meio Ambiente

PARTE IV - SOLOS AGRÍCOLAS E MANEJO DE DEJETOS	121
1 Introdução	126
2 Método	127
2.1 Emissões de N_2O pelo manejo de dejetos	127
2.2 Emissões de N_2O de solos agrícolas	128
2.3 Emissões de N_2O do nitrogênio de excretas depositadas em pastagens	129
2.4 Emissões indiretas de N_2O	130
3 Dados de produção e estimativa das quantidades de nitrogênio	131
3.1 Efetivo do rebanho estadual	131
3.2 Total de nitrogênio de dejetos das espécies/categorias do rebanho	131
3.3 Manejo de dejetos do rebanho	134
3.4 Nitrogênio excretado	135
3.5 Nitrogênio excretado usado como adubo	137
3.6 Nitrogênio de dejetos que se depositam em pastagens	138
3.7 Fertilizantes nitrogenados (NFERT)	138
3.8 Nitrogênio em resíduos de culturas	141
3.9 Cultivo de solos orgânicos	147
4 Considerações finais	149
4.1 Manejo de dejetos	149
4.2 Solos agrícolas	149
Referências	152

TABELAS

Tabela 1 - Fatores de emissão de N_2O para os diferentes sistemas de manejo de dejetos	127
Tabela 2 - Fatores de emissão de N_2O usados no cálculo das emissões de diretas de solos agrícolas	129
Tabela 3 - Efetivo das espécies/categorias de rebanho paulista nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	131
Tabela 4 - Composição por idade do efetivo de bovinos para corte e leite, para o Estado de São Paulo, em valores percentuais em relação ao rebanho existente nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças em 31 de dezembro de 2006	132
Tabela 5 - Efetivo de bovinos de leite, de corte e total, e percentagens para cada idade (< 1 ano, 1-2 anos e > 2 anos) dentro dos efetivos de cada finalidade, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	133
Tabela 7 - Sistemas de manejo de dejetos identificados junto a produtores, categorias do rebanho associadas, e denominação e descrição dos sistemas similares existentes na guia do IPCC.....	134
Tabela 8 - Percentagens dos dejetos produzidos por diferentes componentes do rebanho do Estado de São Paulo por sistema de manejo.....	135
Tabela 9 - Quantidades de N de excretas manejadas e não manejadas (depositada diretamente em pastagens) originadas da população de animais que compõem o rebanho paulista, nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	135
Tabela 10 - Quantidade de N em toneladas métricas de dejetos de animais do rebanho estadual que foi aplicada como adubo em solos agrícolas	138
Tabela 11 - Faixas de recomendação de fertilização nitrogenada para culturas plantadas no Estado de São Paulo, e dose de N utilizada para estimar as quantidades de N	139
Tabela 12 - Razão ($Res. Frac_{DMres}/Crop. Frac_{DMcrop}$) e fração do N dos resíduos ($Frac_{NCRBF}$) das culturas da soja, milho, arroz, feijão, mandioca e cana-de-açúcar.....	142
Tabela 13 - Fração de matéria seca do produto colhido ($Frac_{DMproduto}$) e fração do N na matéria seca da planta ($Frac_{NCR}$) para outras culturas anuais	144
Tabela 14 - Fração de matéria seca do produto colhido ($Frac_{DMproduto}$) para outras culturas permanentes ...	144
Tabela 15 - Emissão de N_2O pelos diferentes sistema de manejo de dejetos nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008, para o Estado de São Paulo.....	149
Tabela 16 - Quantidades de N_2O , emitidas diretamente e indiretamente de solos agrícolas no Estado de São Paulo	150

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição do N produzido como dejetos do rebanho paulista entre diferentes sistemas de manejo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008.....	136
Gráfico 2 - Consumo aparente de nitrogênio, na forma de fertilizante sintético, no Estado de São Paulo, para o período de 1990 a 2008.....	139
Gráfico 3 - Variação da relação entre a quantidade de N aplicada anualmente no Estado de São Paulo e a quantidade de N que seria consumida com base na recomendação para cada cultura	140
Gráfico 4 - Quantidade de N que retorna ao solo na forma de resíduos de culturas permanentes e temporárias no Estado de São Paulo.....	146

FIGURAS

Figura 1 - Distribuição do nitrogênio de excretas de animais do rebanho entre os municípios do Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	137
Figura 2 - Distribuição do nitrogênio consumido, na forma de fertilizante sintético, no Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	141
Figura 3 - Distribuição do nitrogênio de resíduos de culturas entre os municípios do Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	147
Figura 4 - Mapa de solos do Estado de São Paulo	148
Figura 5 - Distribuição das emissões de N_2O de solos agrícolas entre os municípios do Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	151

EQUAÇÕES

Equação 1 - Emissões de N_2O pelo manejo de dejetos	127
Equação 2 - Emissão direta de N_2O de solos agrícolas	128
Equação 3 - Emissão direta de N_2O de excretas depositadas em pastagens	129
Equação 4 - Emissões indiretas de N_2O de solos agrícolas	130
Equação 5 - Emissões de N_2O originadas da fração volatilizada do N.	130
Equação 6 - Emissões de N_2O originadas da fração lixiviada/escorrida do N.....	130
Equação 7 - Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (<i>Tier 1b</i>).....	142
Equação 8 - Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (para soja, milho, arroz, feijão, mandioca e cana-de-açúcar)	143
Equação 9 - Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (outras culturas).....	143

1 Introdução

O óxido nitroso (N_2O) é um dos três gases de efeito estufa que devem ter as emissões quantificadas nos inventários de emissão de gases de efeito estufa (GEE) do setor agropecuário. As emissões de N_2O têm origem na queima de resíduos agrícolas, no manejo de dejetos das espécies/categorias de animais do rebanho e nos solos agrícolas. Este relatório tratará apenas das duas últimas fontes, pois a primeira é apresentada em relatório próprio.

Para a realização do inventário de emissões de N_2O em solos agrícolas e pelo manejo de dejetos, foi utilizado o método descrito no Manual de Referência de 1996 (IPCC, 1996) e no Guia de Boas Práticas e Tratamento de Incertezas de 2000 (IPCC, 2000), ambos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e adotados pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC). Em alguns casos, recorreu-se ao Método de 2006 para Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2006) para permitir detalhamento ou uso de dado considerado essencial para o inventário.

As fezes e urinas produzidas pelos diferentes animais do rebanho estadual podem ser manejadas, o que significa que podem ser coletadas e armazenadas. Posteriormente, o material manejado é aplicado em áreas agrícolas, sendo denominado de adubo orgânico, segundo o método do IPCC. Durante o manejo dos dejetos, as emissões de N_2O irão ocorrer e devem ser reportadas. Quando as fezes e urinas são depositadas diretamente em pastagens e piquetes, considera-se que não são manejadas, e são reportadas como emissões de solos agrícolas.

A metodologia do IPCC contabiliza as emissões de N_2O de solos agrícolas como diretas e indiretas. A primeira é decorrente da adição aos solos de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) e adubos orgânicos (F_{AM}), do cultivo de plantas fixadoras de nitrogênio (F_{BN}), da deposição de resíduos de colheita (F_{CR}), e da mineralização de nitrogênio associada ao cultivo de solos orgânicos (F_{OS}), além do nitrogênio de dejetos depositados diretamente em pastagens. As emissões indiretas de N_2O são calculadas a partir da porção do nitrogênio adicionado aos solos como fertilizantes, adubos orgânicos e dejetos depositados em pastagens que é volatilizada como amônia (NH_3) e óxidos de nitrogênio (NO_x), e também daquela perdida por lixiviação e escoamento superficial.

2 Método

As estimativas das emissões de N₂O pelo manejo de dejetos e de solos agrícolas foram baseadas no Manual de Referência do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC, 1996)¹, e no Guia de Boas Práticas e Tratamento de Incertezas de Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, (IPCC, 2000). As árvores de decisão para orientação do uso dos diferentes graus de rigor presentes nos métodos se encontram nos Anexos I, II e III.

2.1 Emissões de N₂O pelo manejo de dejetos

Nas estimativas de emissões de N₂O de solos agrícolas pelo manejo de dejetos, deve-se conhecer como e em que proporção os dejetos das espécies/categorias de animais do rebanho são manejados. Considera-se como sem manejo, ou não manejada, a percentagem dos dejetos excretados diretamente em pastagens. Considera-se que os dejetos manejados são aplicados aos solos como adubos e, nesta forma, são fontes diretas de N₂O de solos agrícolas.

As emissões de N₂O pelo manejo de dejetos são calculadas pela equação 1:

Equação 1 - Emissões de N₂O pelo manejo de dejetos

$$N_2O-N_{(mm)} = \sum_s \left\{ \left[\sum_{(T)} \left(N_T \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)} \right) \right] \cdot FE_{3(S)} \right\}$$

Onde

N ₂ O - N _(mm)	Emissão de N ₂ O de dejetos	[kg N-N ₂ O•ano ⁻¹]
N _T	Número de cabeças de cada espécie/categoria T do rebanho	
N _{ex(T)}	Quantidade média anual de N excretada por cabeça de cada espécie/categoria T do rebanho	[kg N.(animal•ano) ⁻¹]
MS _(T,S)	Fração da excreção anual total de cada espécie/categoria do rebanho T que é manejada no sistema S	[kg•kg ⁻¹]
FE _{3(S)}	Fator de emissão direta de N ₂ O para o sistema de manejo de dejetos S	[kg N-N ₂ O•kgN ⁻¹]

Para os sistemas de manejo de dejetos S, a Tabela 1 apresenta os fatores de emissão (FE₃).

Tabela 1 - Fatores de emissão de N₂O para os diferentes sistemas de manejo de dejetos

Sistema de manejo	Fator de emissão (FE ₃) kg N-N ₂ O/kg N excretado
Lagoa anaeróbica (anaerobic lagoon)	0,001
Esterqueira (open pits) – mais ou menos de 30 dias	0,001
Cama de aviário (poultry manure with bedding)	0,020
Livre, sem cama (poultry manure without bedding)	0,005
Biodigestor (anaerobic digester)	0,001
Outros sistemas*	0,005

Fonte: Adaptado de IPCC (2000)

1 NOTA DO EDITOR: Esse Relatório adotou o ano de 1996 para esta referência. Contudo o ano de sua publicação foi de 1997.

2.2 Emissões de N₂O de solos agrícolas

Segundo a metodologia do IPPC, as emissões de N₂O são separadas em diretas e indiretas.

As emissões diretas de N₂O dos solos ocorrem pelo uso de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) e adubos orgânicos (dejetos manejados) (F_{AM}), pelos resíduos de colheita (F_{CR}), pela fixação biológica de N₂ (F_{BN}), e pela mineralização de nitrogênio associada ao cultivo de solos orgânicos (F_{OS}). As emissões indiretas de N₂O são calculadas da porção do nitrogênio adicionado aos solos, como fertilizantes e adubos orgânicos, que é volatilizada como NH₃ e NO_x, e também daquela perdida por lixiviação e escoamento superficial.

De acordo com o IPCC (2000), tanto os procedimentos previstos no *Tier* 1a quanto os do *Tier* 1b são consistentes com as boas práticas, sendo que o último procedimento pode ser usado quando informações mais detalhadas, necessárias para os cálculos das emissões, estão disponíveis no país.

Em síntese, as emissões diretas de N₂O de solos agrícolas são calculadas pela Equação 2:

Equação 2 - Emissão direta de N₂O de solos agrícolas

$$N-N_2O_{direta} = \left[\left(F_{SN} (1 - Frac_{GASF}) + F_{AM} \cdot (1 - Frac_{GASM}) + F_{CR} + F_{BN} \right) \cdot FE_1 \right] + (F_{OS} + FE_2)$$

Onde:

$N-N_2O_{direta}$	Emissão direta anual de N ₂ O de solos agrícolas	[kgN-N ₂ O•ano ⁻¹]
F_{SN}	Quantidade anual de N na forma de fertilizantes nitrogenados, aplicada ao solo	[kgN•ano ⁻¹]
F_{AM}	Quantidade anual de N em adubos orgânicos, intencionalmente aplicada ao solo	[kgN•ano ⁻¹]
F_{CR}	Quantidade de N em resíduos de colheita que retornam anualmente ao solo	[kgN•ano ⁻¹]
F_{BN}	Quantidade Anual de N fixado biologicamente por leguminosas	[kgN•ano ⁻¹]
F_{OS}	Área de solos orgânicos cultivada anualmente	[hectares]
$Frac_{GASF}$	Fração do N aplicado como fertilizante que é perdida por volatilização de amônia/NO _x	[kgN•kgN ⁻¹]
$Frac_{GASM}$	Fração do N excretado aplicado em solos agrícolas que é perdida por volatilização de amônia/NO _x	[kgN•kgN ⁻¹]
FE_1	Fator de emissão direta de N ₂ O aplicado às quantidades de N adicionadas aos solos.	[kgN-N ₂ O•kgN ⁻¹]
FE_2	Fator de emissão direta de N ₂ O de solos orgânicos cultivados	[kgN-N ₂ O•ha ⁻¹]

A emissão de N₂O decorrente do processo de fixação biológica de nitrogênio por leguminosas deve ser contabilizada quando se utiliza o método de 1996 (IPCC, 1996). Porém, no método de 2006 (IPCC, 2006), a fixação biológica de nitrogênio não foi mais considerada como fonte direta de N₂O. Rochette e Janzen (2005) mostraram não existir dados na literatura que confirmassem a existência de uma relação direta dos dois processos. Estudos feitos no Brasil confirmaram a ausência de emissão de N₂O de solos plantados com soja (ALVES et al., 2010a). No Sul do Brasil também não foram registradas emissões de N₂O durante o crescimento de uma lavoura de soja que sugerissem a fixação biológica de nitrogênio como fonte relevante desse gás (JANTALIA et al., 2008). Em função desses relatos, considerou-se que seria mais coerente considerar que a fixação biológica de nitrogênio não é fonte direta de N₂O de solos agrícolas, e assim não foi considerada no inventário do Estado de São Paulo.

Para o cálculo das emissões anuais de N_2O de solos agrícolas, utilizam-se fatores de emissão, que são multiplicados pelas quantidades de N que chegam aos solos. O fator default de emissão direta de N_2O (FE_1) previsto na metodologia do IPCC de 1996 é de 0,0125, ou seja, 1,25 kgN- N_2O são produzidos para cada 100 kg de N adicionados ao solo, descontadas as perdas por volatilização de amônia e NO_x ($Frac_{GASF}$ e $Frac_{GASM}$). Para fertilizantes, as perdas por volatilização de amônia são de 10% da quantidade total aplicada, o $Frac_{GASF}$ é 0,1; para adubos orgânicos, $Frac_{GASM}$ é de 0,2 (IPCC, 1996). Em 2006, o IPCC publicou nova revisão da metodologia e o fator de emissão direta (FE_1) teve seu valor default reduzido para 1% (0,01), porém devendo ser aplicado sobre a quantidade total de N que chega ao solo, sem descontar as perdas por volatilização. Os dados de emissões de N_2O pelo uso de fertilizantes e deposição de resíduos de colheita nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, conseguidos nos últimos anos, apontam para um fator de emissão direta inferior a 1% (ALVES et al., 2010b). Outros estudos feitos no país também mostraram baixos percentuais de N na forma de N_2O emitidas por fertilizantes (METAY et al., 2007; JANTALIA et al., 2008) e resíduos vegetais (GOMES et al., 2009), todas inferiores a 1% das quantidades de N aplicadas. Considerando os dados de emissão de N_2O obtidos no país, optou-se por calcular as emissões diretas de N_2O utilizando FE_1 igual a 1%, tal como sugerido por Alves et al. (2010b), sem descontar as perdas por volatilização de NH_3/NO_x das quantidades de N de fertilizantes e adubos orgânicos que chegam ao solo.

Assim, os fatores de emissão utilizados para os cálculos das emissões diretas de N_2O de solos agrícolas se encontram na Tabela 2.

Tabela 2 - Fatores de emissão de N_2O usados no cálculo das emissões de diretas de solos agrícolas

Sistema de manejo	
FE_1 – Fator de emissão direta de N_2O aplicado às quantidades de N adicionadas aos solos.	[0,01 kgN- N_2O .kgN ⁻¹]
FE_2 – Fator de emissão direta de N_2O de solos orgânicos cultivados	[12 kgN- N_2O .ha ⁻¹]

Fonte: (IPCC, 2006)

2.3 Emissões de N_2O do nitrogênio de excretas depositadas em pastagens

A emissão de N_2O dos dejetos depositados diretamente na pastagem ($N_2O-N_{(mm)}$) é calculada pela Equação 3:

Equação 3 - Emissão direta de N_2O de excretas depositadas em pastagens

$$N_2O - N_{(mm)} = F_p \cdot (1 - Frac_{GASM}) \cdot FE_3$$

Onde:

$N_2O - N_{(mm)}$	Emissão direta anual de N_2O de excretas em pastagens	[kgN- N_2O .ano ⁻¹]
F_p	Quantidade anual de N excretado diretamente na pastagem	[kgN.ano ⁻¹]
$Frac_{GASM}$	Fração do N depositado perdido por volatilização de N_2O e NO_x .	[kgN.ano ⁻¹]
FE_3	Fator de emissão direta de N_2O para deposição direta de N em pastagens.	[KgN- N_2O .kgN ⁻¹]

A fração do N depositado na pastagem que é perdida por volatilização de amônia/ NO_x ($Frac_{GASM}$) é de 0,20, ou 20% do N depositado (F_p), enquanto que o fator de emissão direta de N_2O (FE_3) é 0,02 kgN- N_2O .kgN⁻¹.

2.4 Emissões indiretas de N₂O

As emissões indiretas de N₂O são calculadas pela Equação 4:

Equação 4 - Emissões indiretas de N₂O de solos agrícolas

$$N-N_2O_{indireta} = N-N_2O_{(G)} + N-N_2O_{(L)}$$

Onde:

$N-N_2O_{indireta}$	Emissão indireta anual de N ₂ O de solos agrícolas	[kg N-N ₂ O.ano ⁻¹]
$N-N_2O_{(G)}$	Emissão de N ₂ O do N volatilizado de fertilizantes sintéticos, de dejetos animais usados como adubo e de dejetos depositados em pastagens, que posteriormente se depositam em solos ou corpos de água	[kg N-N ₂ O.ano ⁻¹]
$N-N_2O_{(L)}$	Emissão de N-N ₂ O de fertilizantes sintéticos, de dejetos animais usados como adubo e de dejetos depositados em pastagens, perdidos por lixiviação ou escoamento superficial	[kg N-N ₂ O.ano ⁻¹]

As quantidades de N volatilizadas como NH₃/NO_x, usadas para o cálculo das emissões indiretas de fertilizantes, correspondem a 10% (Frac_{GASF} = 0,10) do total aplicado (N_{FERT}), e no caso do N produzido por animais, a 20% (Frac_{GASM} = 0,20) do total excretado ($\sum T(N_{(T)} \times Nex_{(T)})$). Assim, para o cálculo das emissões indiretas de N₂O por deposição atmosférica de NH₃ e NO_x (N-N₂O(G)), utiliza-se a Equação 5:

Equação 5 - Emissões de N₂O originadas da fração volatilizada do N.

$$N-N_2O_{(G)} = \left[N_{FERT} + \sum_{(T)} \left(N_T \cdot Nex_{(T)} \right) \cdot Frac_{GASM} \right] \cdot FE_4$$

Onde:

FE_4	Fator de emissão de N ₂ O do N depositado em solos e corpos de água, originado da volatilização de amônia/NO _x de fertilizantes, adubos orgânicos e excretas depositadas em solos.	[kg N-N ₂ O • kgN ⁻¹]
--------	--	--

O fator de emissão FE₄ é igual a 0,01 kgN-N₂O.(kgN-volatilizado)⁻¹ (IPCC, 1996).

A quantidade de N perdida por lixiviação/escoamento superficial (Frac_{LEACH}) corresponde a 30% do N aplicado como fertilizantes (N_{FERT}) e como adubos orgânicos e dejetos depositados em pastagens ($\sum T(N_{(T)} \times Nex_{(T)})$), ou seja Frac_{LEACH} é igual a 0,3kgN.kgN⁻¹ (IPCC, 1996). É calculada pela Equação 6:

Equação 6 - Emissões de N₂O originadas da fração lixiviada/escorrida do N.

$$N-N_2O_{(L)} = \left[N_{FERT} + \sum_{(T)} \left(N_T \cdot Nex_{(T)} \right) \right] \cdot Frac_{LEACH} \cdot EF_5$$

Onde:

EF_5	Fator de emissão de N ₂ O do N originado da lixiviação e escoamento superficial de fertilizantes, adubos orgânicos e excretas depositados em solos.	[kg N-N ₂ O • kgN ⁻¹]
--------	--	--

Uma fração igual a 0,025 kg.kgN⁻¹ perdido por lixiviação/escoamento superficial (FE₅) é emitida como N₂O (IPCC, 1996).

3 Dados de produção e estimativa das quantidades de nitrogênio

As informações das quantidades de nitrogênio de fertilizantes, adubos, resíduos e dejetos de animais, necessárias para a realização do inventário de emissões de N_2O do estado de São Paulo a partir da metodologia descrita acima foram estimadas a partir de dados obtidos do Censo Agropecuário do IBGE de 2006, das bases de dados da agropecuária do IBGE (SIDRA), da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), da Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), de Institutos de pesquisa agropecuária de São Paulo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária entre outros.

3.1 Efetivo do rebanho estadual

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulga anualmente os efetivos da pecuária paulista na Pesquisa Pecuária Municipal. São relatados os números de cabeças de bovinos, suínos, bubalinos, caprinos, ovinos, equinos, asininos, muares e aves. O número de cabeças de vacas ordenhadas também é reportado. Para este estudo, foram utilizados os números para o período de 1990 a 2008, para cada município paulista (IBGE-PPM, 2010).

De 1990 a 2008 observa-se aumento nos efetivos de aves e ovinos (Tabela 3). O número de bovinos, que vinha crescendo até 2005, sofreu uma redução de mais de 2 milhões de cabeças em 2008. Os efetivos de suínos, caprinos, muares e equinos mostram uma queda quase que contínua desde 1990 até 2008.

Tabela 3 - Efetivo das espécies/categorias de rebanho paulista nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008

Espécie/categoria de rebanho	1990	1994	2000	2005	2008
Bovino	12.262.909	12.973.841	13.091.946	13.420.780	11.185.556
Equino	611.563	621.459	542.278	493.919	382.227
Bubalino	67.990	62.633	56.255	71.736	61.394
Asinino	5.739	7.615	7.022	6.717	4.891
Muar	220.805	170.385	85.843	76.291	44.865
Suíno	2.027.007	2.098.958	1.902.275	1.706.862	1.691.356
Caprino	109.693	101.247	70.372	75.325	63.194
Ovino	238.746	209.579	233.681	344.919	453.261
Aves	93.691.729	105.120.154	146.016.218	172.850.402	231.283.286

Fonte: IBGE-PPM (2010)

Nota: O efetivo de aves pode ser considerado como uma composição de “galos, frangos, frangas e pintos” e “galinhas”, ambas reportadas separadamente na PPM-IBGE (2010).

3.2 Total de nitrogênio de dejetos das espécies/categorias do rebanho

Para as estimativas dos totais de nitrogênio (N) em dejetos das espécies/categorias do rebanho, manejados ou não, são necessários dados de efetivo de cada espécie/categoria do rebanho e das respectivas taxas de excreção de N, além das percentagens do total de N excretado por cada espécie/categoria submetidas às diferentes formas de manejo.

Existem muitas informações na literatura nacional sobre a dinâmica de N na dieta das principais espécies do rebanho. No entanto, não foram desenvolvidos números médios regionais, ou mesmo nacionais, para as quantidades anuais de N excretada/animal para cada espécie/

categoria do rebanho. Variações por idade são esperadas, uma vez que o consumo é diferente, assim como o aproveitamento do N ingerido. Em função disso, adotaram-se as taxas de excreção propostas no Manual de Referência do IPCC (1996) para a América Latina, considerando-se, também, os fatores de atenuação do N excretado por idade apresentados no IPCC (2000). As taxas de excreção para cada espécie/categoria do rebanho são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Quantidades de N excretadas por animal/ano, por categoria do rebanho nacional e idade dos animais

Categoria do rebanho	Idade (anos)	kg N/animal/ano
Bovinos de corte	0 – 1	12,0
	1 – 2	24,0
	> 2	40,0
Bovinos de leite	0 – 1	21,0
	1 – 2	42,0
	> 2	70,0
Suínos	0-0,5	8,0
	> 0,5	16,0
Ovinos e caprinos	0-1	6,0
	> 1	12,0
Aves	0-0,25	0,3
	>0,25	0,6
Outros	-	40,0

Fonte: IPCC (1996) e IPCC (2000)

Com dados do Censo Agropecuário de 2006, o IBGE (2006a) traz uma análise do rebanho de bovinos em propriedades com mais de 50 cabeças (Tabela 5), onde o efetivo é categorizado por finalidade (leite, corte e trabalho), sexo e idade (< 1ano; 1 e 2 anos; > 2 anos). O número de animais com a finalidade de trabalho era muito pequeno, sendo agregado aos animais de corte. Como nesta pesquisa não foram incluídas as pequenas propriedades (< 50 animais), é muito provável que a maioria dos animais nestas propriedades deva ter a finalidade leiteira. Em função do mencionado, considerou-se que o número de vacas ordenhadas, também relatadas na Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE (IBGE-PPM, 2010), era uma aproximação razoável do número de fêmeas adultas (> 2anos), o que serviu de balizador para extrapolar as proporções do rebanho por finalidade e idade para o período de 1990 a 2008.

Para aplicar as taxas de excreção de N descritas na Tabela 5, fez-se uma nova análise do rebanho para separação de bovinos em animais de corte e de leite, e para a estimativa de categorias por idade. As estimativas do número e proporções por idade de bovinos, para leite e corte, são apresentadas na Tabela 6, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008.

Tabela 4 - Composição por idade do efetivo de bovinos para corte e leite, para o Estado de São Paulo, em valores percentuais em relação ao rebanho existente nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças em 31 de dezembro de 2006

Finalidade do rebanho de bovinos	Porcentagem de animais em cada categoria de idade dentro de cada finalidade do rebanho		
	0-1 ano	1-2 anos	> 2 anos
Bovinos de corte	20,29	28,09	51,62
Bovinos de leite	27,46	22,30	50,24

Fonte: Adaptação dos dados do Censo de 2006 (IBGE, 2006a)

De acordo com o IPCC (2000), a população de suínos com menos de 180 dias excreta a metade do N excretado por animais mais velhos (Tabela 4). Em Santa Catarina, estado com maior efetivo no País, um levantamento agropecuário para o período 2002-2003, feito pelo Centro de Socioeconomia e Planejamento² da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, mostrou que a população de suínos do Estado é composta por 43% de animais em aleitamento e recria, e 57% de animais em engorda. Os animais em engorda apresentam mais de 113 dias de idade, categoria que foi considerada para os critérios de excreção de N como de idade > 180 dias, enquanto que os demais ficaram no grupo inferior a 180 dias. Essas proporções foram utilizadas para o Estado de São Paulo.

Para separar ovinos e caprinos quanto à idade, utilizou-se como referência os coeficientes técnicos do Sistema de Produção de Caprinos e Ovinos da Embrapa (EMBRAPA, 2005). Estima-se que o rebanho total das duas categorias seria representado por 50% de animais com menos de 1 ano de idade.

Asininos, muares, bubalinos e equinos não teriam uma taxa de excreção diferenciada com a idade, sendo considerado o mesmo valor indiferente da espécie ou categoria.

Tabela 5 - Efetivo de bovinos de leite, de corte e total, e percentagens para cada idade (< 1 ano, 1-2 anos e > 2 anos) dentro dos efetivos de cada finalidade, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008

Categoria do rebanho	1990	1994	2000	2005	2008
Número de animais (x 1000)					
Vacas ordenhadas	2.144,3	2.281,4	1.790,5	1.636,9	1.426,4
Bovinos restantes	10.118,6	10.692,4	11.301,4	11.783,9	9.759,2
Finalidade leite (% do total de bovinos)					
Menos de 1 ano	4,2	4,2	4,4	4,4	4,4
1 a 2 anos	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6
Mais de 2 anos	17,5	17,6	13,7	12,2	12,8
Finalidade corte (% do total de bovinos)					
Menos de 1 ano	16,3	16,3	17,1	17,4	17,3
1 a 2 anos	22,4	22,4	23,5	23,9	23,7
Mais de 2 anos	36,2	36,1	37,9	38,5	38,3
Total (no. animais x 1000)	12.262,9	12.973,8	13.091,9	13.420,8	11.185,6

Fonte: Adaptado do IBGE (2006, 2010)

No caso das aves, considera-se que animais com menos de 90 dias de idade excretam a metade do N do que animais mais velhos. Galos, pintos, frangos e frangas são contados conjuntamente na estatística do IBGE (IBGE-PPM, 2010), mas pintos, frangos e frangas representam a quase totalidade da categoria, em função da pequena população de galos (<0,5%) (UBA, 2007), e se enquadrariam na categoria de animais com menos de 90 dias. As galinhas, que incluem matrizes e poedeiras, corresponderiam ao efetivo de animais com mais de 3 meses (0,25 anos).

2 Este documento esteve disponível no site <<http://cepa.epagri.sc.gov.br>> na época da redação em 2010, porém não se encontra mais acessível.

3.3 Manejo de dejetos do rebanho³

Poucas informações sobre manejo de dejetos são disponíveis, e quase nada existe em termos de dados organizados para permitir uma caracterização do rebanho. No entanto, em 2006, uma pesquisa feita durante o Censo Agropecuário buscou levantar informações entre os produtores sobre a forma como manejavam os dejetos. Os resultados foram associados com os sistemas de manejo descritos no IPCC (2000), que lista diferentes formas com fatores de emissão de N₂O definidos para cada uma. A Tabela 7 traz os principais sistemas de manejo mencionados na pesquisa do censo de 2006 para as diferentes espécies/categorias do rebanho, e os recíprocos mais próximos apresentados pelo IPCC (2000), com as respectivas descrições.

Tabela 7 - Sistemas de manejo de dejetos identificados junto a produtores, categorias do rebanho associadas, e denominação e descrição dos sistemas similares existentes na guia do IPCC

Principais sistemas de manejos informados	Categorias consideradas para os sistemas	Similar descrito no IPCC	Descrição (tradução aproximada do existente na IPCC, 2000)
Sem manejo	Todas, exceto suínos	<i>Pasture/range/paddock</i>	Fezes e urina são depositadas diretamente em pastagens, ou seja, não existe manejo dos dejetos.
Esterqueira > 30 dias < 30 dias	Suínos, galos, frangos, frangas e pintos, e galinhas	<i>Open pit</i>	Armazenamento combinado de fezes e urina sob confinamentos de animais.
Aviário, com cama	Galos, frangos, frangas e pintos	<i>Poultry manure with bedding</i>	Os dejetos são excretados sobre uma "cama", onde os animais podem caminhar
Aviário, sem cama	Galinhas (poedeiras)	<i>Poultry manure without bedding</i>	Os dejetos são excretados no chão, sem a "cama", mas os animais não podem caminhar no local.
Lagoas anaeróbicas	Todas as categorias; especialmente suínos	<i>Anaerobic lagoon</i>	São caracterizados por sistemas que utilizam água para remover as excretas produzidas, com posterior deposição em lagoas, aí permanecendo por longo período.
Biodigestores	Todas as categorias; especialmente suínos	<i>Anaerobic digester</i>	Fezes e urina são digeridas anaerobicamente para produzir gás CH ₄ para fins energéticos
Outros	Todas as categorias	<i>Others</i>	Outros sistemas

Fonte: Embrapa (2010)¹ e IPCC (2000)

Nota: ¹ Levantamento de dados, não publicado, realizado pela Embrapa junto a produtores.

No caso dos criadores de suínos, conseguiu-se informação para diferenciar o rebanho de grandes e pequenos produtores, em função do tamanho da propriedade, com base em dados do IBGE (2006b). Em São Paulo, 9% dos produtores se enquadram em grandes produtores.

A Tabela 8 traz a participação percentual de cada sistema de manejo de dejetos para o período de 1990 a 2008. No entanto, variações nessas percentagens ao longo do tempo puderam ser estimadas para alguns sistemas.

Para a maioria das espécies/categorias do rebanho, a deposição de dejetos diretamente em pastagens predomina. Segundo as respostas obtidas do setor, muitos produtores não identificaram seus sistemas de manejo com as alternativas existentes no IPCC (2000), percentual definido como "Outros" sistemas de manejo.

3 O manejo de dejetos é definido pela forma como as fezes e urina dos animais são coletadas e armazenadas até utilização em lavouras e pastagens.

Tabela 8 - Percentagens dos dejetos produzidos por diferentes componentes do rebanho do Estado de São Paulo por sistema de manejo

Sistemas de manejo de dejetos	Espécies/categorias do rebanho paulista										
	Equinos	Asininos	Búfalos	Muare	Suínos	Caprinos	Ovinos	Galos, pintos, frangos	Galinhas	Bovinos corte	Bovinos leite
	%										
Pastagens	89,19	89,91	83,75	90,33	0,00	82,38	83,69	3,84	1,47	91,88	88,23
Lagoa anaeróbia	0,30	0,48	0,68	0,11	13,27	0,14	0,30	0,48	0,34	0,37	0,63
Esterqueira (< 30 dias)	0,00	0,00	0,00	0,00	30,40	0,00	0,00	7,68	63,77	0,00	0,00
Esterqueira (> 30 dias) 1990-2003	0,00	0,00	0,00	0,00	21,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,00	0,00	0,00	0,00	18,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2005	0,00	0,00	0,00	0,00	15,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	0,00	13,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aviário, com cama	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	73,01	0,00	0,00	0,00
Aviário, sem cama	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,90	0,00	0,00
Biodigestor 1990-2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2004	0,01	0,00	0,02	0,01	1,90	0,01	0,02	0,10	0,07	0,03	0,03
2005	0,03	0,00	0,03	0,02	3,81	0,03	0,04	0,21	0,13	0,07	0,05
2006	0,04	0,00	0,05	0,03	5,71	0,04	0,06	0,31	0,20	0,10	0,08
Outros 1990-2003	10,51	9,61	15,57	9,56	35,06	17,48	16,01	14,99	6,52	7,75	11,14
2004	10,50	9,61	15,55	9,55	35,91	17,47	15,99	14,89	6,45	7,72	11,11
2005	10,48	9,61	15,54	9,54	36,74	17,45	15,97	14,78	6,39	7,68	11,09
2006	10,47	9,61	15,52	9,53	50,55	17,44	15,95	14,68	6,32	7,71	11,06

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

3.4 Nitrogênio excretado

O total de N excretado pelo rebanho paulista variou entre 500 mil e 600 mil toneladas, de 1990 a 2008 (Tabela 9). Em 2008, observa-se redução mais marcante das quantidades excretadas na categoria não manejada, o que está relacionado principalmente à redução da população de bovinos no Estado.

Tabela 9 - Quantidades de N de excretas manejadas e não manejadas (depositada diretamente em pastagens) originadas da população de animais que compõem o rebanho paulista, nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008

Categoria de manejo da excreta	1990	1994	2000	2005	2008
	Quantidade de N (Gg)				
Manejada	110192	117164	124118	129206	142601
Não manejada	439191	461257	441521	444603	373266
Total	549383	578421	565639	573809	515867

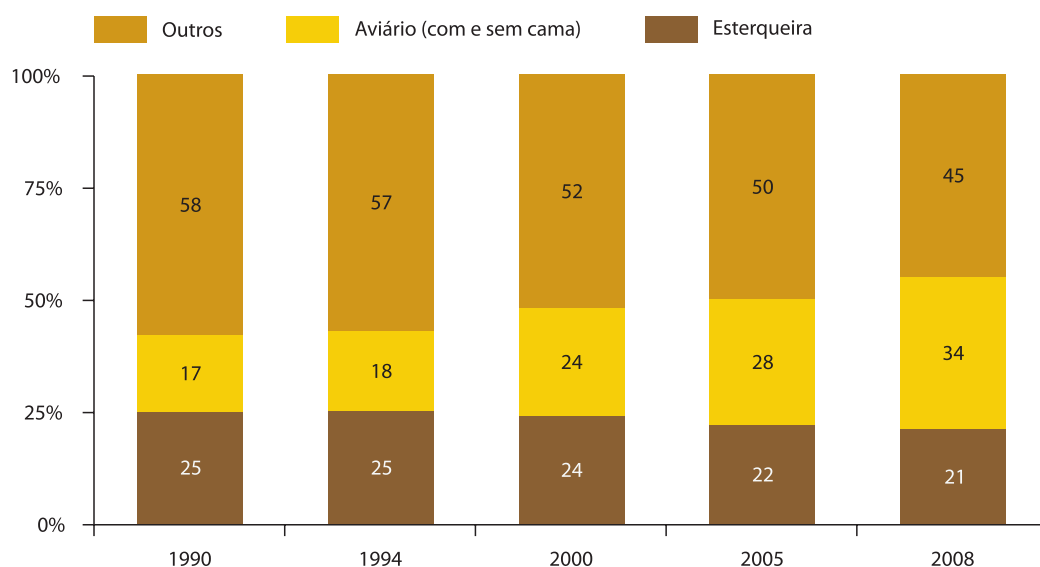
Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

De 1990 a 2008, a deposição de dejetos diretamente em pastagens, ou a não utilização de manejo, representou o principal destino do N excretado pelos animais do rebanho paulista. Em 1990, esta forma de emissão representava quase que 80% do N total em dejetos, reduzindo para 72% em 2008 (Tabela 9).

O total de N de dejetos manejados no Estado de São Paulo mostra um contínuo incremento entre 1990 e 2008, partindo de 110,2 mil toneladas (Gg) em 1990 para 142,6 Gg em 2008. Em 1990, do total de N manejado, 17% foram em sistemas com utilização ou não de camas, 25% em sistemas com esterqueiras e 58% por outros sistemas, incluindo-se as lagoas anaeróbias. Em 2008, com o crescimento da avicultura no Estado, o manejo com ou sem cama passou a representar mais de 34% do total de N em dejetos manejados (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Distribuição do N produzido como dejetos do rebanho paulista entre diferentes sistemas de manejo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008

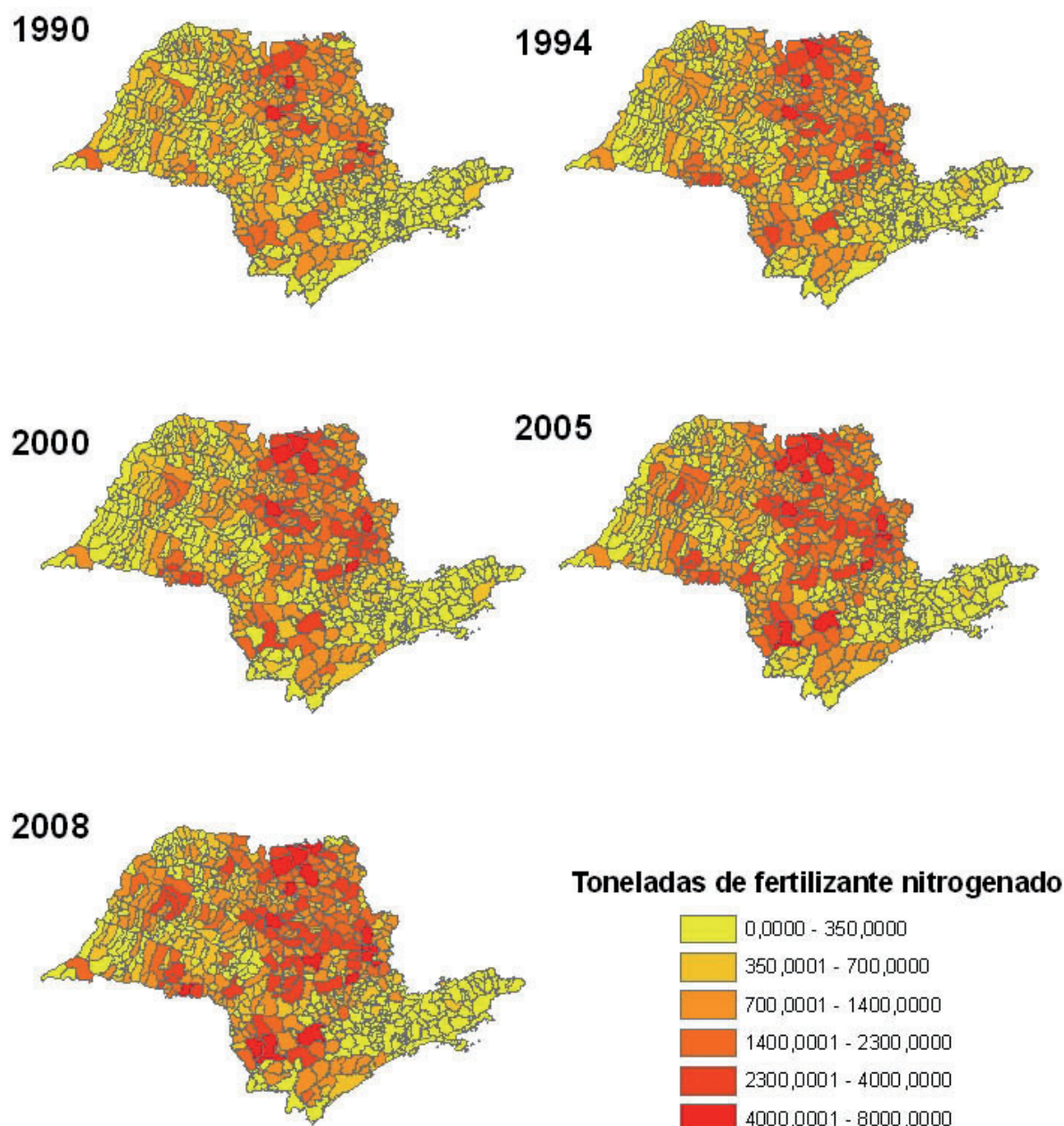


Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

A Figura 1, a seguir, mostra a participação de cada município do Estado de São Paulo quanto às quantidades de N excretadas pelo rebanho. Observa-se que a quantidade de N de dejetos tende a aumentar da região leste para oeste do estado, o que está associado à população de bovinos, que aumenta em número no mesmo sentido.

Figura 1 - Distribuição do nitrogênio de excretas de animais do rebanho entre os municípios do Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

3.5 Nitrogênio excretado usado como adubo

As quantidades de N de dejetos que foram manejados, isto é, todo o N de dejetos descontadas as quantidades depositadas diretamente em pastagens, são consideradas como adubo orgânico e são aplicadas em lavouras e pastagens, de acordo com o IPCC (2000). Em São Paulo, o total de N nessa condição variou de 110,2 mil toneladas de N em 1990 para 142,6 mil toneladas em 2008 (Tabela 10).

As camas de aviário representaram um manejo de 12,8 mil toneladas de N em 1990, 23,3 mil toneladas em 2000, e 41,3 mil toneladas em 2008. Ainda em relação ao manejo de aves, um sistema comum para poedeiras, onde as excretas se depositam livremente sobre o chão, abaixo das gaiolas, contribuiu com 5,9 mil toneladas de N em 1990 e 7,2 mil toneladas em 2008 (Tabela 10).

O manejo de dejetos com lagoas anaeróbicas variou pouco ao longo do tempo, representando 5,8 mil toneladas de N em 1990 e 5 mil toneladas em 2008. Da mesma forma, o manejo de dejetos com esterqueiras representou 28 mil toneladas de N em 1990 e 30 mil toneladas de N em 2008.

Tabela 10 - Quantidade de N em toneladas métricas de dejetos de animais do rebanho estadual que foi aplicada como adubo em solos agrícolas

Sistema de manejo	1990	1994	2000	2005	2008
	Toneladas				
Esterqueira < 30 dias	22.556,91	23.617,61	24.849,26	24.587,55	27.169,85
Esterqueira > 30 dias	5.415,17	5.607,39	5.081,95	3.382,95	2.768,02
Aviário, com cama	12.810,13	14.994,86	23.318,31	29.277,12	41.286,31
Aviário, sem cama	5.893,47	6.136,80	6.621,17	6.558,86	7.161,87
Lagoa anaeróbica	5.753,39	6.014,87	5.587,15	5.287,53	5.007,00
Biodigestor	-	-	-	1.224,05	1.808,77
Outros	57.762,81	60.792,74	58.659,98	58.887,75	57.399,29
Total	110.191,88	117.164,27	124.117,82	129.205,81	142.601,11

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

O uso de biodigestor para o manejo dos dejetos se tornou mais importante a partir de 2004, representando uma aplicação de pouco mais de 1,8 mil toneladas de N em 2008.

Outros sistemas, não identificados entre os listados pelo IPCC (2000), representaram o manejo de 57 mil a 61 mil toneladas de N, sem grande variação de 1990 a 2008.

3.6 Nitrogênio de dejetos que se depositam em pastagens

O total de N excretado diretamente em pastagens variou de 439 mil toneladas em 1990 para 442 mil toneladas em 2000, reduzindo-se a 373 mil toneladas em 2008, tal como mostrado na Tabela 9.

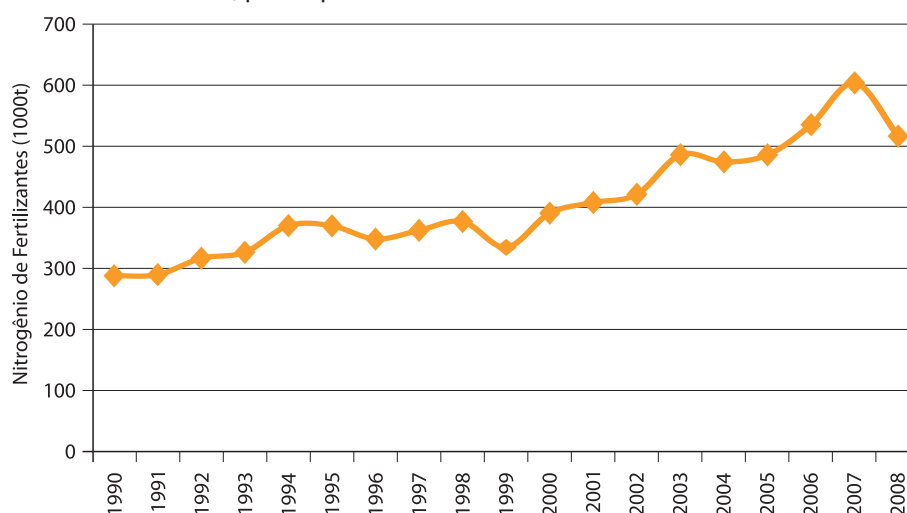
As quantidades de N depositadas diretamente em pastagens variam em função do tamanho do rebanho de bovinos, que é muito maior do que os demais em sistema predominantemente à pasto.

3.7 Fertilizantes nitrogenados (NFERT)

A Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA) mantém um banco de dados das quantidades de fertilizantes entregues ao consumidor final por Unidades da Federação. De acordo com esses dados, o consumo de nitrogênio na forma de fertilizante em São Paulo vem aumentando de forma linear (Gráfico 2).

As estatísticas não trazem informações por município. Para conseguir as quantidades aproximadas de fertilizante nitrogenado no nível de município, se consideraram as áreas plantadas com diferentes culturas, disponibilizadas na Produção Agrícola Municipal do IBGE (IBGE-PAM, 2010), e as doses de fertilizante nitrogenado recomendadas para cada uma (Tabela 11), tendo como base o Boletim 100 do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)(RAIJ et al., 1996). A quantidade de N por município que deveria ser consumida anualmente segundo a recomendação (N_{rec}) foi estimada pelo produto da área plantada no ano e da dose média de N considerada para cada cultura.

Gráfico 2 - Consumo aparente de nitrogênio, na forma de fertilizante sintético, no Estado de São Paulo, para o período de 1990 a 2008



Fonte: ANDA (1990 - 2008)

Quando a quantidade de N efetivamente aplicada (N_{ap}) (consumida anualmente no Estado de São Paulo de acordo com os dados da ANDA) era diferente do somatório de todas as quantidades para cada município (N_{rec}), fez-se um ajuste linear das doses recomendadas por cultura, baseada na relação N_{ap}/N_{rec} , e novamente se recalcularam as quantidades por município (Tabela 11). O Gráfico 3 mostra como a relação N_{ap}/N_{rec} variou de 1990 a 2008. Quando N_{ap}/N_{rec} foi inferior a 1, significou que a quantidade de N efetivamente aplicada foi inferior àquela que deveria ser aplicada com base na recomendação do IAC por cultura, tal como ocorreu no período de 1990 a 2002. Quando a relação foi superior a 1, pode-se dizer que os produtores utilizaram uma quantidade de fertilizantes nitrogenados superior à necessária com base na recomendação do IAC. No entanto, essa análise não considera outros usos de fertilizantes nitrogenados, como para florestas plantadas, pastagens e outras culturas não monitoradas na Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE, sendo aqui utilizada apenas como exercício para se conseguir quantidades aproximadas de fertilizantes nitrogenados em escala municipal.

Tabela 11 - Faixas de recomendação de fertilização nitrogenada para culturas plantadas no Estado de São Paulo, e dose de N utilizada para estimar as quantidades de N

Cultura	Faixa de recomendação	Dose média considerada ¹	Cultura	Faixa de recomendação	Dose média considerada
	kg N.ha ⁻¹			kg N.ha ⁻¹	
Abacaxi	100 – 200	140	Abacate	30 – 140	100
Algodão	25 – 80	60	Banana	120 – 500	270
Alho	60 – 100	70	Seringueira	40 – 60	60
Arroz	50 - 130	90	Cacau	50	50
Batata doce	40 – 50	50	Café	50 – 450	160
Batata inglesa	80 – 160	120	Chá da Índia	150 – 250	200
Cana-de-açúcar	60 - 120	60	Coco da Bahia ²	120 – 240	120
Cebola	60 – 90	70	Figo	140 – 280	210
Ervilha	0 – 40	20	Goiaba	80 – 160	120
Feijão	20 – 100	60	Laranja	30 – 260	180
Fumo	10 – 60	40	Limão	30 – 200	160

Continua

Continuação

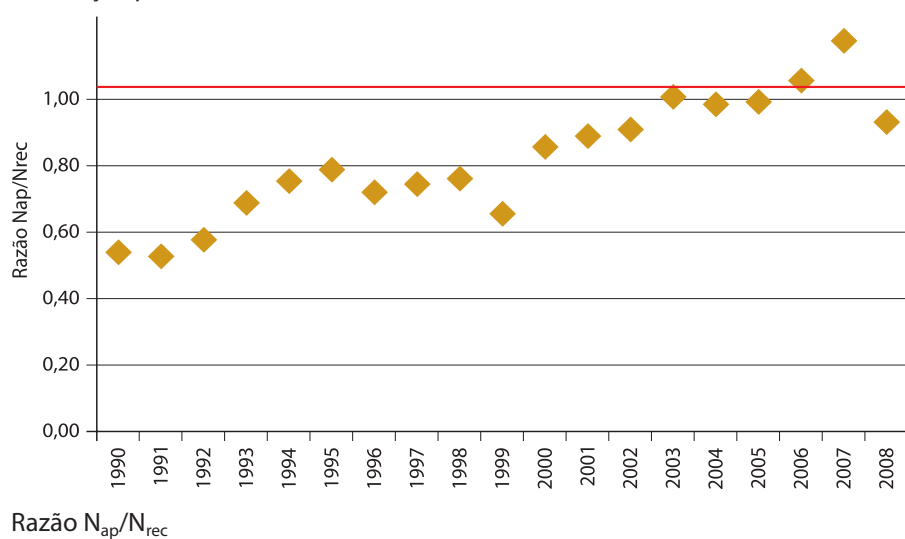
Cultura	Faixa de recomendação	Dose média considerada ¹	Cultura	Faixa de recomendação	Dose média considerada
	kg N.ha ⁻¹			kg N.ha ⁻¹	
Mamona	45 – 75	60	Mamão	90 – 160	120
Mandioca	0 – 40	20	Manga	20 – 50	40
Melancia	80 – 130	100	Maracujá	40 – 140	100
Melão	80 – 130	100	Noz	50 – 100	80
Milho	20 – 170	90	Palmito	110 – 300	180
Sorgo	20 – 120	60	Pêra	120 – 240	180
Tomate	90 – 360	200	Pessegueiro	120 – 240	180
Trigo	20 – 70	50	Tangerina	40 – 230	130
Triticale	20 – 70	50	Urucum	50	50
--	--	--	Uva	200 – 300	250

Fonte: RAIJ et al. (1996).

Nota: ¹ Dose de N que foi considerada como a aplicada para cada hectare plantado com culturas temporárias e permanentes, de 1990 a 2008.

² Fonte: TEIXEIRA et al. (2005)

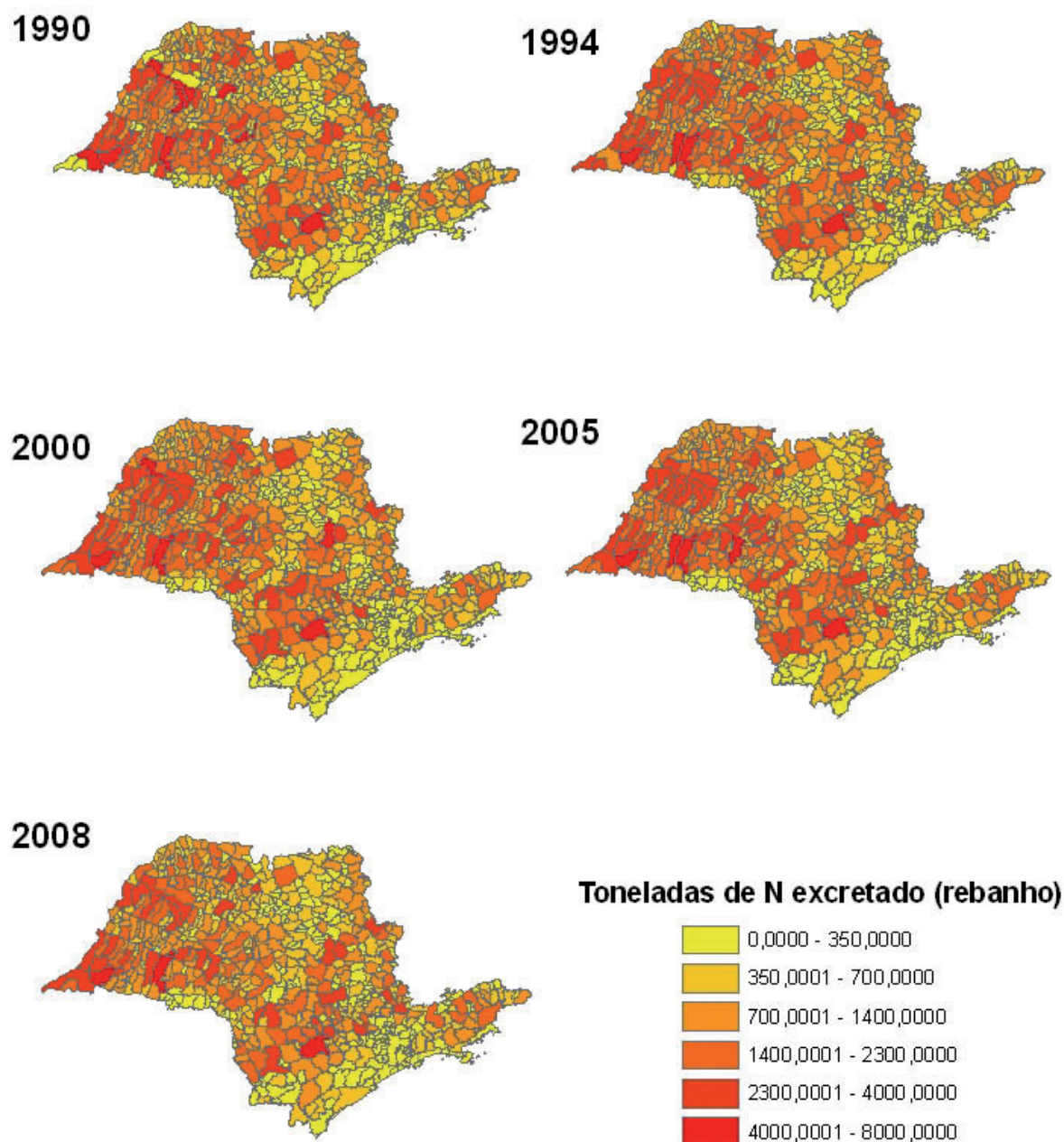
Gráfico 3 - Variação da relação entre a quantidade de N aplicada anualmente no Estado de São Paulo e a quantidade de N que seria consumida com base na recomendação para cada cultura



Razão N_{ap}/N_{rec}
 Fonte: Adaptado de ANDA (2009) e IAC ((1999)

A Figura 2 apresenta distribuição do nitrogênio consumido, na forma de fertilizante sintético no Estado de São Paulo.

Figura 2 - Distribuição do nitrogênio consumido, na forma de fertilizante sintético, no Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

3.8 Nitrogênio em resíduos de culturas

O uso do solo para produção agrícola no Estado de São Paulo é reportado ano a ano pelo IBGE, sendo a série iniciada em 1990, e o último ano aqui considerado foi o de 2008.

A quantidade de N que retorna ao solo como resíduo de culturas é estimada pelos dados básicos de produtividade e por parâmetros de matéria seca e conteúdo de N da planta. O guia de 1996 do IPCC fornece uma metodologia para essas estimativas. A pesquisa com espécies de interesse agrícola é bastante volumosa, mas nem todos os parâmetros necessários para o cálculo de N dos resíduos são medidos.

Para espécies perenes, como o cafeeiro, a situação é ainda mais complicada. Por isso, para este inventário, foram utilizadas informações mais detalhadas para aplicação do *Tier 1b* (IPCC, 1996) para a cultura da soja, milho, cana-de-açúcar, feijão, arroz e mandioca, levando em conta os dados revistos na Tabela 12. Para as demais culturas, utilizou-se o *Tier 1a* (IPCC, 1996).

Tabela 12 - Razão (Res. $\text{Frac}_{\text{DMres}}/\text{Crop. Frac}_{\text{DMcrop}}$) e fração do N dos resíduos ($\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$) das culturas da soja, milho, arroz, feijão, mandioca e cana-de-açúcar

Culturas	(Res x Frac_{DM}) / (CropBF. Frac_{DM})	($\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$)	Referência
Soja	1,98	0,009	Zotarelli (2000); Araújo (2004); Padovan et al. (2005)
Milho	1,49	0,008	Argenta et al. (2003); Araújo (2004); Gava et al. (2006); Aguiar e Moura (2003); Duarte et al. (2003); Demetrio et al. (2005)
Arroz	1,05	0,008	Costa et al. (2000); Guimarães et al. (2008); Carvalho-Pupatto et al. (2004); Paranhos et al (1995); Fageria (1984)
Feijão	1,49	0,017	Perin et al. (2002)
Mandioca	1,42	0,014	Vidigal Filho et al. (2000); Sagrilo et al. (2002); Cardoso Junior et al. (2005); Lorenzi et al. (1981)
Cana-de-açúcar	Dados de resíduos do inventário de Queima de Resíduos Agrícolas	0,006	

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Segundo o *Tier 1b*, a quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (F_{CR}) é calculada pela seguinte equação 7:

Equação 7 - Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (*Tier 1b*)

$$F_{\text{CR}} = \sum_i \left[\left(\text{Crop}_{oi} \cdot \left(\text{Res}_{oi} / \text{Crop}_{oi} \right) \cdot \text{Frac}_{\text{DMi}} \cdot \text{Frac}_{\text{NCROI}} \right) \cdot \left(1 - \text{Frac}_{\text{BURNi}} \right) \right] + \sum_j \left(\text{Crop}_{\text{BFj}} \cdot \left(\text{Res}_{\text{BFj}} / \text{Crop}_{\text{BFj}} \right) \cdot \text{Frac}_{\text{DMj}} \cdot \text{Frac}_{\text{NCRBFj}} \right)$$

Onde:

Crop_{oi}	Produção anual de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico	[kg.ano ⁻¹]
Res_{oi}	Produção anual de resíduos de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico	[kg.ano ⁻¹]
Crop_{BFj}	Produção anual de cada cultura "j" fixadora de nitrogênio atmosférico	[kg.ano ⁻¹]
Res_{BFj}	Produção anual de resíduos de cada cultura "j" não fixadora de nitrogênio atmosférico	[kg.ano ⁻¹]
Frac_{DM}	Conteúdo de matéria seca de cada cultura "i" e "j"	[kg MS.kg ⁻¹]
$\text{Frac}_{\text{NCROI}}$	Conteúdo de N da parte aérea de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico	[kg N.kg MS ⁻¹]
$\text{Frac}_{\text{NCRBFj}}$	Conteúdo de N da parte aérea de cada cultura "j" fixadora de nitrogênio atmosférico	[kg N.kg MS ⁻¹]
$\text{Frac}_{\text{BURNi}}$	Fração da biomassa de cada cultura "i" não fixadora de nitrogênio atmosférico que é queimada antes ou após a colheita	[kg MSq.kg MS ⁻¹]

No caso de São Paulo, a queima de resíduos de espécies leguminosas não é comum, por isso o termo $\text{Frac}_{\text{BURNj}}$, para as leguminosas não aparece na equação. Da mesma forma, não foram

consideradas como relevantes as frações dos resíduos usadas em construções ($Frac_{CNST}$) e combustível ($Frac_{FUEL}$). A fração usada na alimentação animal ($Frac_{FOD}$) também não foi considerada, neste caso por não existirem registros sobre o assunto.

Rearranjando-se a equação em função das variáveis disponíveis, chega-se a Equação 8:

Equação 8 - Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (para soja, milho, arroz, feijão, mandioca e cana-de-açúcar)

$$F_{CR} = \sum_i \left(Crop_{oi} \cdot Frac_{DMCrop_i} \cdot \left(Res_{oi} \cdot Frac_{DMres} / Crop_{oi} \cdot Frac_{DMcrop} \right) \cdot Frac_{NCR_{ResO_i}} \right) \cdot (1 - Frac_{BURN_i}) \Bigg] \\ + \sum_j \left(Crop_{BFj} \cdot Frac_{DMCrop_j} \cdot \left(Res_{BFj} \cdot Frac_{DMres} / Crop_{BFj} \cdot Frac_{DMcrop} \right) \cdot Frac_{NCR_{ResBFj}} \right)$$

Onde:

F_{CR}	Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas	[kgN]
$Frac_{DMcrop}$	Fração da matéria seca do produto colhido (comercializado)	[kg MS.kg ⁻¹]
$Frac_{DMres}$	Fração da matéria seca dos resíduos aéreos após a colheita	[kg MS.kg ⁻¹]
$Frac_{NCR_{ResO_i}}$	Fração de nitrogênio nos resíduos aéreos de culturas "i" não fixadoras de N ₂ atmosférico após a colheita	[kg N.kg MS ⁻¹]
$Frac_{NCR_{ResBFj}}$	Fração de nitrogênio nos resíduos aéreos de culturas fixadoras de N ₂ atmosférico após a colheita	[kg N.kg MS ⁻¹]

Pela equação, o produto colhido (Crop) é expresso em base seca, após multiplicação por $Frac_{DMcrop}$. A multiplicação desse resultado pela razão ($Res \cdot Frac_{DMres} / Crop \times Frac_{DMcrop}$) tem como resultado a quantidade de resíduo deixado pela cultura, em base seca, que multiplicado pela $Frac_{NCR_{Res}}$ dá como resultado a quantidade de N deixada nos resíduos.

Para as demais culturas temporárias e permanentes, utilizou-se a metodologia do IPCC (1996), em que F_{CR} (nitrogênio nos resíduos de colheita) foi calculado como na Equação 9:

Equação 9 - Quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (outras culturas).

$$F_{CR} = 2 \left(Crop_o \cdot Frac_{NCR_o} + Crop_{BF} \cdot Frac_{NCR_{BF}} \right) \cdot (1 - Frac_{BURN})$$

Onde:

$Crop_{(o;BF)}$	Produção útil das culturas registradas pelo IBGE, fixadoras de N ₂ ($Crop_{BF}$) ou não ($Crop_o$)	[kg MS.ano ⁻¹]
$Frac_{NCR}$	Fração do N da matéria seca, para cada uma das culturas registradas pelo IBGE, fixadoras de N ₂ ($Frac_{NCR_{BF}}$) ou não ($Frac_{NCR_o}$)	[kg N.kgMS ⁻¹]
$Frac_R$	É a fração do N total acumulado pela planta removido com a colheita	[kg N.kgN ⁻¹]
$Frac_{BURN}$	Fração do N total dos restos culturais que são queimados, baseado nos dados do Inventário das Emissões de CH ₄ e N ₂ O pela Queima de Resíduos Agrícolas	[kg N.kgN ⁻¹]

O valor de $Frac_R$ foi considerado como 0,45, segundo IPCC (1996).

Para as culturas temporárias, fez-se um levantamento da literatura existente para estimar a fração de matéria seca do produto, e a fração de N da parte aérea da planta (Tabela 13). Neste caso, a equação para F_{CR} foi incrementada pela multiplicação dos dados de Crop (não leguminosas e leguminosas) pelas respectivas frações de matéria seca ($Frac_{DM}$ produto).

Tabela 13 - Fração de matéria seca do produto colhido ($\text{Frac}_{\text{DM produto}}$) e fração do N na matéria seca da planta (Frac_{NCR}) para outras culturas anuais

Cultura	FracDM produto	FracNCR	Referência
Abacaxi	0,13	0,012	Souza et al. (2007); Teixeira et al., (2002)
Algodão	0,92	0,025	Embrapa Algodão (2009); Marcante et al. (2009)
Amendoim	0,93	0,040	Feitosa et al. (1993); Diniz et al. (2001)
Aveia	0,85	0,009	Kolchinski e Schuch (2002)
Batata doce	0,17	0,023	Echer et al. (2009)
Batata inglesa	0,15	0,016	Stoetzer et al. (2009); Andriolo et al. (2006)
Centeio	0,87	0,013*	Embrapa Trigo (2009a)
Cevada	0,87	0,014	Embrapa Trigo (2009b); Poletto (2004)
Ervilha	0,87	0,026	Emater(2009); IPNI (2008)
Fava	0,87	0,027	Araújo et al. (1983); Kaul et al. (1996)
Girassol	0,88	0,012	Embrapa Soja (2009); Kaul et al. (1996)
Linho	0,87	0,021	Hocking (1995)
Mamona	0,91	0,015	Lucena et al. (2008); IPCC (1996)
Melancia	0,10	0,029	Grangeiro e Cecilio Filho, 2004; Vidigal et al. (2009)
Melão	0,09	0,021	Cocozza et al. (2002); Silva Jr. et al. (2006)
Sorgo	0,87	0,008	Embrapa Milho e Sorgo (2009); Oliveira et al. (1995)
Tomate	0,10	0,025	Rattin et al. (2003); Fayad et al. (2002)
Trigo	0,87	0,013	CBPTT (2008); Didonet et al. (2000)
Triticale	0,86	0,013 ¹	CBPTT (2008)

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

¹ Assumiu-se o mesmo valor da cultura do trigo.

Considerou-se que nas culturas de alho, cebola, fumo, juta, malva e rami, toda a biomassa é retirada na colheita, sendo irrelevante a quantidade de N que retorna ao solo como resíduo.

As culturas permanentes são em sua totalidade não fixadoras de N_2 atmosférico. Na Tabela 14, encontram-se as frações da matéria seca dos produtos colhidos ($\text{Frac}_{\text{DM produto}}$), relatadas na literatura nacional. Dados sobre a fração do N da matéria seca da planta inteira não estão disponíveis, e por isso utilizou-se o valor default de 0,015 para não fixadoras de N_2 (IPCC, 1996).

Tabela 14 - Fração de matéria seca do produto colhido ($\text{Frac}_{\text{DM produto}}$) para outras culturas permanentes

Cultura	Peso de mil frutos (Mg)	FracDM produto	Referência
Abacate	0,5	0,16	Hiroce et al. (1977)
Algodão arbóreo	-	0,92	Embrapa Algodão (2009); Marcante et al. (2009)
Azeitona	-	0,50	Pintado et al. (2007)
Banana (cachos)	11,0 ¹	0,28	TACO (2006); Lima et al. (2005); Silva et al. (2006)
Cacau (amêndoa)	-	0,24	Penha e Matta (1998)
Café	-	0,88	Embrapa Rondonia (2005)
Caqui	0,2	0,20	TACO (2006)
Castanha do caju	-	0,95	Melo et al. (1998)
Chá-da-índia	-	0,40	Balentine (1992)

Continua

Continuação

Cultura	Peso de mil frutos (Mg)	Frac _{CDM} produto	Referência
Coco-da-bahia	1,55	0,50	TACO (2006)
Dendê (cacho)	-	0,50	Müller et al (2006)
Erva-mate	-	0,40 ²	Balentine (1992)
Figo	0,05	0,16	Dussán e Honório (2000); Hernandez et al. (1994)
Goiaba	0,15	0,13	Hiroce et al. (1977); Lima et al. (2002)
Guaraná	-	0,89	Vasconcelos et al. (1972)
Laranja	0,17	0,16	Bataglia et al. (1977); Prudente et al. (2004)
Limão	0,08 ²	0,12	Bataglia et al. (1977)
Maçã	0,10	0,17	Wang et al. (1996)
Mamão	0,70	0,09	Silva et al. (2007); Fagundes e Yamanishi (2002)
Manga	0,30	0,24	Hiroce et al. (1977)
Maracujá	0,16	0,18	Hiroce et al. (1977)
Marmelo	0,13	0,18	Kaya et al. (2007); Dall'orto et al. (1987)
Noz		0,95	Ribeiro et al. (1993)
Palmito		0,09	Yuyama et al. (1999)
Pêra	0,19	0,14	Wang et al. (1996)
Pêssego	0,10	0,11	Boeira et al. (2007)
Pimenta-do-reino	-	0,40	Oliveira et al. (2007)
Tangerina	0,18	0,13	Bataglia et al. (1977); Pio e Minami (2002); Rufini e Ramos (2002)
Tungue	-	0,86	Cooperbio (2009)
Urucum	-	0,40	Mendes et al. (2005)
Uva	-	0,15	TACO (2006)

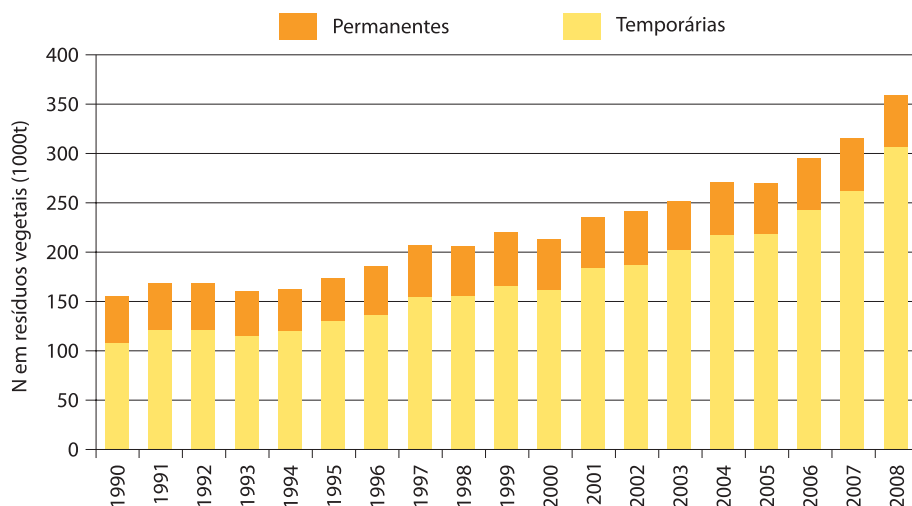
Notas: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

¹ Peso de mil cachos.

² Assumiu-se o mesmo valor das folhas de chá-da-índia.

A quantidade de N em resíduos de culturas variou de cerca de 150 mil toneladas em 1990 para 350 mil toneladas em 2008 (Gráfico 4). O aumento foi devido ao incremento de lavouras temporárias, especialmente cana-de-açúcar (Gráfico 5).

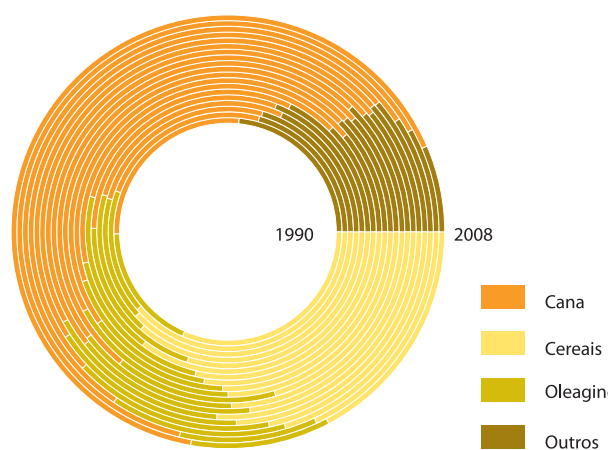
Gráfico 4 - Quantidade de N que retorna ao solo na forma de resíduos de culturas permanentes e temporárias no Estado de São Paulo



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Gráfico 5 -. Quantidade de N que retorna ao solo na forma de resíduos de culturas temporárias no Estado de São Paulo, de 1990 a 2008.

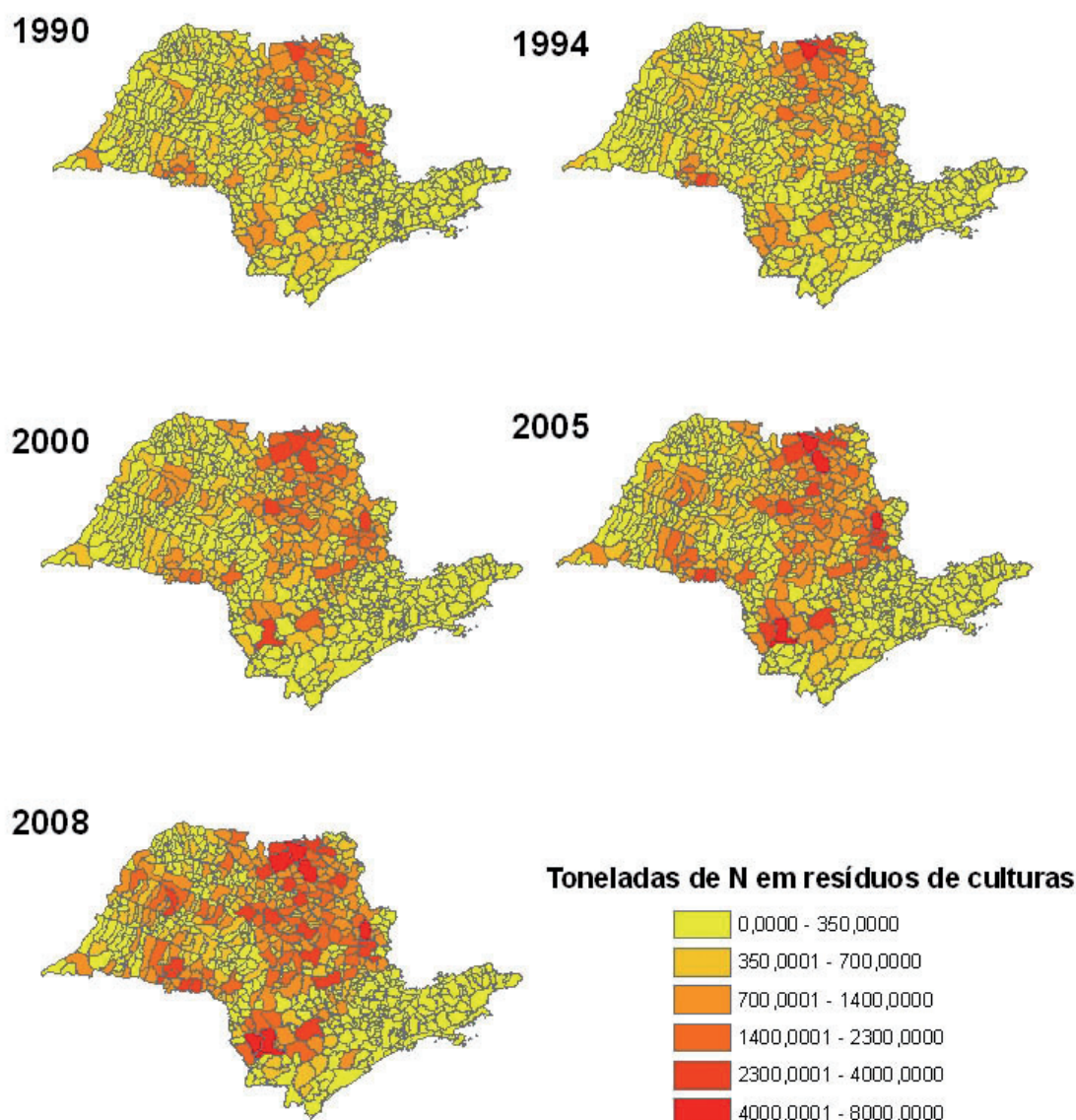


Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Em relação aos municípios, a maior concentração de N de resíduos de culturas tende a coincidir com as áreas onde houve maior consumo de N fertilizante, embora em menor quantidade (Figura 3).

Figura 3 - Distribuição do nitrogênio de resíduos de culturas entre os municípios do Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

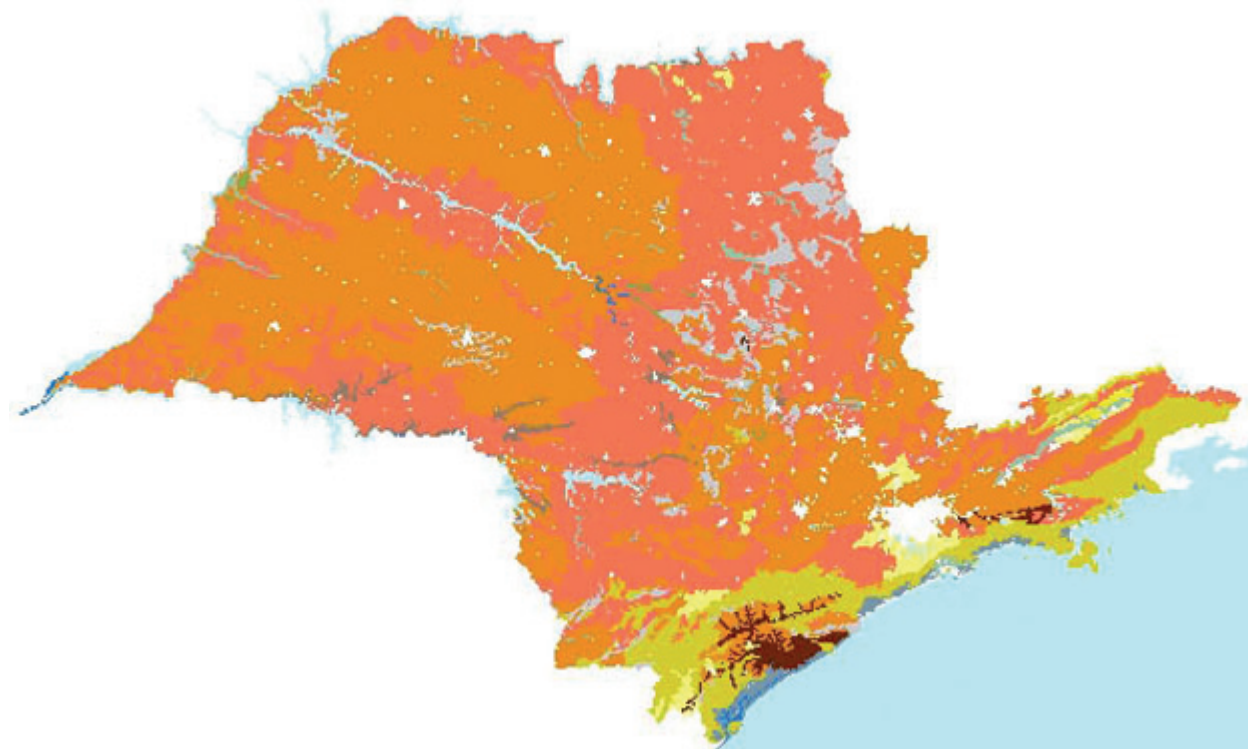
3.9 Cultivo de solos orgânicos

Os solos orgânicos, no sistema brasileiro de classificação de solos, equivalem aos Histossolos (Histosol) considerados pelo IPCC (1996), definidos como solos que possuem material orgânico em mais do que os primeiros 80 cm de profundidade, ou que são de qualquer espessura sobre rocha ou material fragmentado que tem espaços completados com material orgânico. O material orgânico é definido como:

- Material saturado com água tendo 174 g.kg^{-1} , ou mais, de C orgânico quando a fração mineral é constituída de 50%, ou mais, de argila ou;
- Material saturado com água tendo 116 g.kg^{-1} , ou mais de C orgânico se a fração mineral possui menos de 50% de argila ou;
- Nunca havendo saturação com água, e possuir 203 g.kg^{-1} , ou mais, de C orgânico.

A área de solos orgânicos é ainda pouco caracterizada, sendo registradas ocorrências em praticamente todos os Estados. Valladares (2003) estimou uma área de 611.883 ha de Orga-

Figura 4 - Mapa de solos do Estado de São Paulo



Fonte: Oliveira et al. (1999)

nos solos no País, tendo como base levantamentos de solos da Embrapa e o Instituto Agronômico de Campinas. Tais estudos ressaltam a incerteza sobre a ocorrência desses solos no País, mas pode-se concluir que é um solo pouco representativo para a área territorial (<0,1%). Se existe grande incerteza quanto à área de solos orgânicos no País, muito menos se sabe sobre a proporção manejada para agricultura. Em São Paulo, em 1990, foram relatados 136.500 ha na região do Vale do Ribeira, parcialmente em processo de utilização, porém ressalta-se a dificuldade de exploração agrícola de Unidades adjacentes aos cursos d'água (LEPSCH et al., 1990).

Para fins deste inventário, utilizou-se o mapa de solos do estado de São Paulo, produzido na escala de 1:500.000, produzido pelo Instituto Agronômico de Campinas (Figura 4). Com o mapa georreferenciado, foi possível estimar a área de solos orgânicos por municípios.

A área total de solos orgânicos, tendo em conta os Organossolos foi estimada em 252.646 ha, ocorrendo nos municípios de Biritiba-Mirim, Brotas, Cajati, Cananéia, Eldorado, Iguape, Itirapina, Jacupiranga, Juquiá, Miracatu, Moji das Cruzes, Paraibuna, Pariquera-Açú, Pedro de Toledo, Registro, Salesópolis, Barra do Turvo, Sete Barras e Suzano.

Quanto à área usada para agricultura, assumiu-se que o Estado de São Paulo tinha 40% dessa área explorada em 1990, chegando a 60% do total em 2008.

Pela metodologia do IPCC (1996), as áreas de solos orgânicos em uso (Fos) são multiplicadas pelo fator de emissão de N_2O (FE_2) para as estimativas das emissões de N_2O pelo cultivo desses solos. De acordo com o IPCC (1996), o cultivo de solos orgânicos nos subtrópicos e trópicos implica em emissões de N_2O da ordem de 8 a 16 kg N $ha^{-1} ano^{-1}$. Em função do Estado de São Paulo estar na região Centro-Sul, adotou-se um valor médio, para o fator de emissão de N_2O (FE_2) de 12 kg N $ha^{-1} ano^{-1}$.

4 Considerações finais

4.1 Manejo de dejetos

De 1990 a 2008 as emissões de N_2O pelo manejo de dejetos praticamente dobrou (Tabela 15). O manejo de aves em sistema com cama responde por grande parte das emissões de N_2O . Nos demais sistemas de manejo, alguns mais associados a suínos, como as esterqueiras, não houve aumento das quantidades de N de dejetos, e por isso suas contribuições para as emissões totais se mantiveram estáveis, em níveis mais baixos. As emissões de N_2O de biodigestores aumentaram a partir de 2004, mas as quantidades são ainda muito baixas em comparação aos outros sistemas.

Tabela 15 - Emissão de N_2O pelos diferentes sistema de manejo de dejetos nos anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008, para o Estado de São Paulo

Fontes	1990	1994	2000	2005	2008
	Gg N_2O				
Esterqueiras	0,044	0,046	0,047	0,044	0,047
Atviário (com e sem cama)	0,449	0,519	0,785	0,972	1,354
Lagoa anaeróbica	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008
Biodigestor	0,000	0,000	0,000	0,002	0,003
Outros	0,454	0,478	0,461	0,463	0,451
Total	0,96	1,05	1,30	1,49	1,86

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

4.2 Solos agrícolas

O total de N_2O emitido pelos solos agrícolas no Estado de São Paulo aumentou de 29,80 Gg, em 1990, para 35,94 Gg, em 2008 (Tabela 16).

De 1990 a 2008, as diferentes fontes de N_2O mantiveram a mesma ordem de importância quanto à contribuição para as emissões totais de N_2O de solos agrícolas, com exceção das emissões derivadas da deposição direta de N em pastagens, que reduziram em 2008 em função da redução do rebanho de bovinos, principalmente.

De 1990 para 2008, a deposição de excretas de animais em pastagens variou de 37% para 26% das emissões totais de N_2O . Ao contrário, fertilizantes e adubos aumentaram de 21% para 29% das emissões totais no mesmo período. Ao contrário da tendência de queda nas emissões de N_2O de excretas em pastagens, o aumento nas emissões de N_2O de resíduos de culturas mostra a tendência de mudança de uso da terra de pastagens para lavoura, mais especificamente cana-de-açúcar.

Uma visão das emissões totais de N_2O de solos agrícolas para o Estado de São Paulo mostra uma tendência de aumento no sentido Norte-Sul e Leste-Oeste do estado (Figura 5). Ao Sul, as emissões de N_2O se explicam pelo manejo de solos orgânicos, e ao norte pela concentração de lavouras. No oeste do estado, estão as áreas de pastagens com emissões de N_2O pela deposição direta de N pelos bovinos. Na região leste, as emissões são mais baixas em função de ser pouco utilizada para produção. Na Tabela 16 são apresentadas quantidades de N_2O , em Gg, emitidas diretamente e indiretamente de solos agrícolas, pelo uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, adubação com dejetos animais, resíduos de culturas, cultivo de solos orgânicos e

deposição de excretas de animais diretamente em pastagem para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008 no Estado de São Paulo.

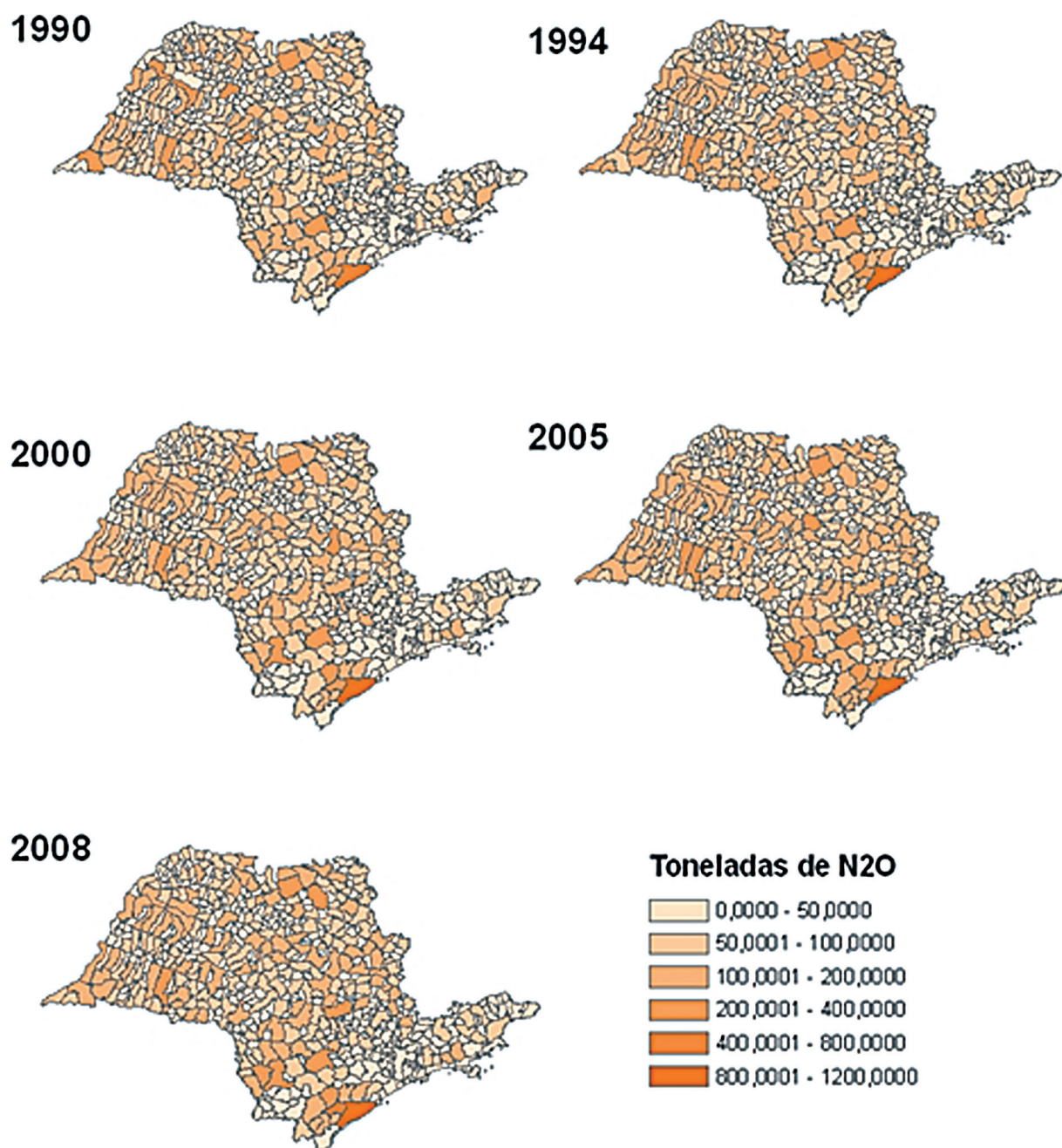
Tabela 16 - Quantidades de N₂O, emitidas diretamente e indiretamente de solos agrícolas no Estado de São Paulo

Fontes	1990	1994	2000	2005	2008
	GgN ₂ O				
Diretas	21,68	23,96	24,99	27,79	28,31
Fertilizantes e Adubos (animal)	6,28	7,69	8,13	9,71	10,40
Resíduos de culturas	2,44	2,56	3,36	4,25	5,66
Solos orgânicos	1,91	2,11	2,41	2,66	2,86
Excretas depositadas em pastagens	11,04	11,60	11,10	11,18	9,38
Indiretas	8,12	8,57	8,37	8,51	7,63
TOTAL	29,80	32,52	33,37	36,30	35,94

Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Figura 5 - Distribuição das emissões de N_2O de solos agrícolas entre os municípios do Estado de São Paulo, para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008



Fonte: Embrapa (2010)

Nota: Informações elaboradas pela Embrapa para realização deste documento.

Referências

- AGUIAR, A.C.F.; MOURA, E.G. Crescimento e produtividade de duas cultivares de milho de alta qualidade proteica em solo de baixa fertilidade. **Bragantia**, Campinas, v.62, n.3, p.429-435, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052003000300009&lng=en>. Acesso em: jul. 2014.
- ALVES, B.J.R.; CARDOSO, A.S.; LESSA, A.C.R.; PAREDES, D.; JANTALIA, C.P.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. **A fixação biológica de nitrogênio não é uma fonte direta de N₂O de solos agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia, Comunicado Técnico, 125). 2010b, 4 p. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=pc&id=860217&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22LESSA,%20A.%20C.%20R.%22&qFacets=autoria:%22LESSA,%20A.%20C.%20R.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: jul. 2014.
- ALVES, B.J.R.; JANTALIA, C.P.; MADARI, B.E.; MACHADO, P.L.O.A.; FRANCHINI, J.C.; SANTOS, H.P.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S. **Emissões de óxido nitroso de solos pelo uso de fertilizantes nitrogenados em áreas agrícolas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia (Embrapa Agrobiologia, Comunicado Técnico, 126). 2010a, 6 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30856/1/cot126.pdf> >. Acesso em: jul. 2014.
- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**, São Paulo, ANDA, edições de 1990 a 2008.
- ANDRIOLO, J.L.; BISOGNIN, D.A.; PAULA, A.L.; PAULA, F.L.M.; GODOI, R.S.; BARROS, G.T. Curva crítica de diluição de nitrogênio da cultivar Asterix de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n. 6, p.1179-1184, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2006000700015&script=sci_arttext>. Acesso em: set. 2014.
- ARAÚJO, E.; DORNELAS, G.V.; LIMA, A.A.; BRUNO, R.L.A.; OLIVEIRA FILHO, J.J. Avaliação da qualidade de sementes usadas para plantio no Estado da Paraíba. II – Feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris* L.), feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), e fava (*Phaseolus lunatus*, L.). **Agropecuária Técnica**, v.4, p. 34-51, 1983. Disponível em: <http://www.cca.ufpb.br/revista/pdf/1983_5.pdf>. Acesso em: set. 2014.
- ARAÚJO, E.S. **Estimativa da quantidade de N acumulada pelo sistema radicular da soja e sua importância para o balanço de N do solo**. 2004. 101p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; STRIEDER, M.L.; Forsthofer, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, v.4, n.1-2, p.27-34, 2003. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/agraria/article/view/1062>>. Acesso em: set. 2014.
- BAIER, A.C. **Centeio**. Passo Fundo: Embrapa CNPT, 1994, 29 p. (Embrapa CNPT, documento 15). Disponível em: <<file:///C:/Users/Embrapa/Documents/Dropbox/meus/CNPT-DOCUMENTOS-15-CENTEIO-FL-13620.pdf>>. Acesso em: out. 2014.
- BALENTINE, D. A. **Manufacturing and Chemistry of Tea**. In: Ho CT, Huang MT, Lee CY (eds). Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health I: Analysis, Occurrence, and Chemistry, American Chemical Society: Washington, v. 8, p. 102–117, 1992.
- BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 215-221, 1977. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051977000100021&lng=es>. Acesso em: jul. 2014.

- BOEIRA, J.B.; STRINGARI, G.B.; LAURINDO, J.B. Estudo da desidratação de pêssegos por tratamento osmótico de secagem. **B.CEPPA**, v. 25, p. 77-90, 2007. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/alimentos/article/view/8396>>. Acesso em: set. 2014.
- BONACIN, G. A.; RODRIGUES, T.J.D.; CRUZ, M.C.P.; BANZATTO, D.A. **Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.13, p.111-116, 2009.
- CANUTO, V.T.B.; CANUTO, N.N.; COELHO, T.J.F. **Avaliação da qualidade da semente de algodão armazenada em diferentes locais no estado de Pernambuco**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 21, p. 793-799, 1986.
- CARDOSO JÚNIOR, N.S.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; SEDIYAMA, T.; CARVALHO, F.M. Efeito do nitrogênio em características agrônômicas da mandioca. **Bragantia**, v.64, p.651-659, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&id=S0006-87052005000400015>. Acesso em: set. 2014.
- CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n12/22863.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.
- CBPTT. Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Trticale. **Informações técnicas para a safra 2009: trigo e tritcale**. J.R. Salvadori et al. (Orgs). Passo Fundo: Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Trticale: Embrapa Trigo: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2008. 172 p. Disponível em: < http://www.cnpt.embrapa.br/culturas/trigo/Informacoes_tecnicas-safra2009-trigo-tritcale.pdf >. Acesso em: jul. 2014.
- COOPERBIO, Cooperativa Mista de Produção, Industrialização e Comercialização de Biocombustíveis do Brasil Ltda. **Tungue**. <www.cooperbio.com.br/materiais/Tungue.pdf>. 2009. 4 p. Acesso em Jul. 2012.
- COCOZZA, F.M.; CHITARRA, A.B.; PRAÇA, E.F.; MENEZES, J.B. ALVES, R.E. Absorção e Translocação de Cálcio Durante o Desenvolvimento de Melão Gália 'Arava' Submetidos a Aplicações Pré-Colheita de Quelato de Cálcio e Boro. **Proceedings of the Interamerican Society of Tropical Horticulture**. v. 46; p. 37-39, 2002. Disponível em: < http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_1485.pdf >. Acesso em: jul. 2014.
- COSTA, E.G.C.; SANTOS, A.B.; ZIMMERMANN, F.J.P. Crescimento da cultura principal e da soca de genótipos de arroz irrigado por inundação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 10, 2000. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2000001000005&script=sci_arttext >. Acesso em: jul. 2014.
- DALL'ORTTO, F.A.C.; OJIMA, M.; BARBOSA, W.; MARTINS, F.P.; RIGITANO, O. Comportamento do marmeleiro Mendoza INTA-37. **Bragantia**, v.46, p. 1-8, 1987. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/brag/v46n1/01.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.
- DEMÉTRIO, C.S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J.O.; CAZETTA, D.A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p. 1691-1697, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/pab/v43n12/v43n12a08.pdf> >. Acesso em: jul. 2014.
- DIDONET, A.D.; LIMA, O.S.; CANDATEN, A.A.; RODRIGUES, O. Realocação de nitrogênio e biomassa para os grãos em trigo submetido a inoculação com Azospirillum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p. 401-411, 2000. Disponível em: < <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5767> >. Acesso em: jul. 2014.

DINIZ, E.; SILVA, C.L.; MUNIZ, M.B.; QUEIROGA, V.P.; BRUNO, R.L.A. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de amendoim (*Arachis hypogea* L.) armazenadas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.3, n.1, p.61-72, 2001. Disponível em: < <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev31/Art310.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

DUARTE, A.P.; KIEHL, J.C.; CAMARGO, M.A.F.; RECO, P.C. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em cultivares de milho originárias de clima tropical e introduzidas de clima temperado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.3, p.1-20, 2003. Disponível em: < <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/viewArticle/67>>. Acesso em: jul. 2014.

DUSSÁN, S.S.; HONÓRIO, S.L. **Caracterização física do figo (*Ficus carica* L.) “Roxo de Valinhos” com diferentes graus de maturidade**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD.

ECHER FR; DOMINATO JC; CRESTE JE. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira** Brasília , v. 27, n. 2, 2009 . Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362009000200010>. Acesso em: jul. 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de Produção de Caprinos e Ovinos de Corte para o Nordeste Brasileiro**. 2005 Disponível em < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/CaprinoseOvinosdeCorte/CaprinosOvinosCorteNE-Brasil/index.htm>>. Acesso em: set. 2014.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “Solo” comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília –DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.541-545, 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v23n3/8021>>. Acesso em: jul. 2014.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/hb/v20n1/14424.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

FEITOSA, C.T.; NOGUEIRA, S.S.; GERIN, M.A.N.; RODRIGUES FILHO, F.S.O. Avaliação do crescimento e da utilização de nutrientes pelo amendoim. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.50, p.427-437, 1993. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v50n3/15.pdf>> . Acesso em: set. 2014.

FONSECA, P. C. **Cultura da ervilha**. EMATER MG. Belo Horizonte. 1999. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/LivrariaVirtual/a%20cultura%20da%20ervilha.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F.S.; PICCOLO, M.C.; ZANATTA, J.A.; VIEIRA, F.C.B.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 106, p. 36-44, 2009.

GRANGEIRO, L.C.; CECÍLIO FILHO, A.B. Acúmulo e exportação de macronutrientes pelo híbrido de melancia Tide. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22 , n. 1 , p. 93-97 , 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v22n1/a19v22n1.pdf>> . Acesso em: jul. 2014.

GUIMARAES, Cleber M.; STONE, Luís F.; NEVES, Péricles de C. F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p.465-470, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n5/v12n05a04.pdf>> . Acesso em: jul. 2014.

HERNANDEZ, F.B.T.; SUZUKI, M.A.; BUZETTI, S.; CORREA, L.S. Resposta da figueira (*Ficus carica* L.) ao uso da irrigação e nitrogênio na região de Ilha Solteira. **Scientia Agricola**, v.51, pp. 99-104, 1994.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161994000100016&script=sci_arttext>. Acesso em: jul. 2014.

HIROCE, R.; CARVALHO, A.M.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.; SANTOS, R.R.; GALLO, J.R. Composição mineral de frutos tropicais na colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 155-164, 1977. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v36n1/14.pdf>>. Acesso em: set. 2014.

HOCKING, P.J. Effects of nitrogen supply on the growth, yield components, and distribution of nitrogen in linola. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p. 257-275, 1995.

IBGE. **Efetivo de bovinos nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças em 31/12, por composição do efetivo, condição do produtor em relação às terras, finalidade da criação, grupos de atividade econômica, grupos de área de pastagem e grupos de área total** (Tabela 925). 2006a. Disponível em: <<http://www.metadados.ibge.gov.br/detalheAgregado.aspx?cod=925&codPesq=CA&datAno=2006&datMes=0&numordPer=0&periodo=quinquenal>>. Acesso em: jul. 2014.

_____. **Efetivo de suínos em 31/12 e Número de porcas inseminadas no ano nos estabelecimentos agropecuários por composição do efetivo suíno, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e grupos de área total** (Tabela 936). 2006b. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=936>>. Acesso em: jul. 2014.

_____. **Produção Agrícola Municipal: Culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, v. 37, p.1-91, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/>>. Acesso em: Jul. 2014.

_____. **Produção da Pecuária Municipal 2010**. Rio de Janeiro, v. 38, p.1-65, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2010/>>. Acesso em: jul. 2014.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI). Simpósio discute como utilizar insumos e recursos para otimizar produtividade do milho. **Informações Agronômicas**. Piracicaba, n. 122, 32 p. 2008. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/0B29BFC156DC982F83257A90007D53EF/\\$FILE/Jornal-122.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/0B29BFC156DC982F83257A90007D53EF/$FILE/Jornal-122.pdf)>. Acesso em: jul. 2014.

IPCC. **Reference manual revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse inventories**. Genebra, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>>. Acesso em 31 de maio de 2010.

_____. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. Hayama, JP, 2000. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>>. Acesso em: jul. 2014.

_____. **Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama, JP, v. 4, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>>. Acesso em: 31 de maio de 2010.

JANTALIA, C. P.; SANTOS, H. P. dos; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B.J.R. Fluxes of nitrous oxide from soil under different crop rotations and tillage systems in the South of Brazil **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.82, p.161-173, 2008.

KAUL, H.P.; AUFHAMMER, W.; WÄGNER, W. Dry matter and nitrogen accumulation and residues of oil and protein crops. **European Journal of Agronomy**, v. 5, p. 137-147, 1996.

KAYA, A.; AYDIN, O.; DEMIRTAS, C.; AKGÜN, M. An experimental study on the drying kinetics of quince. **Desalination**, v. 212, p. 328-343, 2007.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Produtividade e utilização de nitrogênio em aveia em função de épocas de aplicação de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, p.117-121, 2002.

Disponível em: <<http://www2.ufpel.edu.br/faem/agrociencia/v8n2/artigo06.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

LEPSCH I.F.; QUAGGIO, J.A.; SAKAI, E.; CAMARGO, O.A.; VALLADARES, J.M.A.S. **Caracterização, classificação e manejo agrícola de solos orgânicos do Vale do Ribeira de Iguape, SP**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1990. 58p. (Boletim Técnico, 131)

LIMA, M.A.C.; ASSIS, J.S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p. 273-276, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452002000100061&script=sci_arttext>. Acesso em: set. 2014.

LIMA, M.B.; SILVA, S.O.; JESUS, O.N.; OLIVEIRA, W.S.J.; GARRIDO, M.S.; AZEVEDO, R.L. Avaliação de cultivares e híbridos de bananeira no recôncavo baiano. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p. 515-520, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-70542005000300002&script=sci_arttext>. Acesso em: set. 2014.

LORENZI, J.O.; GALLO, J.R.; MALAVOLTA, E. Acumulação de matéria seca e macronutrientes por dois cultivares de mandioca. **Bragantia**, v.40, p.145-156, 1981. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/brag/v40n1/14.pdf>>. Acesso em: set. 2014.

LUCENA, A.M.A.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; SOFIATTI, V.; BORTOLUZI, C.R.D. **Estudo do processo de maturação da mamoneira: III Secagem e deiscência dos frutos**. Congresso Brasileiro de Mamoma III. Energia e ricinoquímica: resumos. Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/277270/1/FS13.pdf>>. Acesso em: set. 2014.

MARCANTE, N.C.; SANTOS, R.C.; CAMACHO, M.A.; ECCO, M.; RUIZ, J.G.C.L.; PAREDES JR., F.P. **Absorção de nitrogênio pelo algodoeiro em dois sistemas de cultivo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7. 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da Cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. P. 2023-2031.

MELO, M.L.P.; MAIA, G.A.; SILVA, A.V.P.; OLIVEIRA, G.S.F.; FIGUEIREDO, R.W. Caracterização físico-química da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 184-187, 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611998000200008>. Acesso em: jul. 2014.

MENDES, A.M.S.; FIGUEIREDO, A.F.; SILVA, J.F. Crescimento e maturação dos frutos de urucum. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 25-34, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-31222005000200005&script=sci_arttext>. Acesso em: jul. 2014.

METAY, A.; OLIVER, R.; SCOPEL, E.; DOUZET, J-M.; MOREIRA, J.A.A.; MARAUX, F.; FEIGL, B.J.; FELLER, C. N₂O and CH₄ emissions from soils under conventional and no-till management practices in Goiânia (Cerrados, Brazil). **Geoderma**, v. 141, p.78-88, 2007.

MÜLLER, A.A.; FURLAN JR, J.; CELESTINO FILHO, P. **A Embrapa Amazônia Oriental e o Agronegócio do Dendê no Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006, 67 p. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 257). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27557/1/Doc257.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

OLIVEIRA, A.P.; ALVES, E.U.; SILVA, J.A.; ALVES, A.U.; OLIVEIRA, A.N.P.; LEONARDO, F.A.P.; MOURA, M.F.; CRUZ, I.S. Produtividade da pimenta do reino em função de doses de esterco bovino. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 408-410, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v25n3/a17v25n3.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

OLIVEIRA, F.C.; MARQUES, M.O.; BELLINGIERI, P.A.; PERECIN, D. Lododeesgotocomofontedemacronutrientes para a cultura do sorgo granífero. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.52, p. 360-367, 1995. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161995000200026&script=sci_arttext>. Acesso em: jul. 2014.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas, Instituto Agrônomo/EMBRAPA Solos. Campinas. 1999. 64p.

OLIVEIRA, P.D.; BORÉM, F.M.; ISQUIERDO, E.P.; GIOMO, G.S.; LIMA, R.R.; CARDOSO, R.A. **Aspectos fisiológicos de grãos de café, processados e secados de diferentes métodos, associados à qualidade sensorial**. *Coffee Science*, v. 8, p. 211-220, 2013

PADOVAN, M.P.; ALMEIDA, D.L. de ; GUERRA, J.G.M.; ALVES, B.J.R.; RIBEIRO, R.L.D.; OLIVEIRA, F.L. de. ; SANTOS, L.A.; SOUTO, S.M. Indicadores agronômicos do potencial da soja (Cv. Celeste), para fins de adubação verde de verão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 11, p. 47-54, 2005. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398796932_art06.pdf>. Acesso em: set. 2014.

PARANHOS, J.T.; MARCHEZAN, E.; DUTRA, L.M.C. Acúmulo de massa seca em três cultivares de arroz irrigado com diferentes arquiteturas de plantas. **Ciência Rural**, v. 25, p. 55-60, 1995. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v25n1/a11v25n1.pdf>>. Acesso em: set. 2014.

PENHA, E.M.; MATTA, V.M. Características físico-químicas e microbiológicas da polpa de cacau. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1945-1949, 1998. Disponível em: <<http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5003>>. Acesso em: jul. 2014.

PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; VALLADARES, G.S. Organossolos: Ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. **Tópicos Especiais em Ciência do Solo**, Viçosa, v.4, p.233-276, 2005.

PERIN, A.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.12, p. 1711-1718, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n12/14637.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

PINTADO, C.J.M.; PERES, C.; PINHEIRO-ALVES, M.C.; PERES, F. Azeites de produção biológica e produção integrada – avaliação de critérios de qualidade. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 362-366, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0871-018X2007000100039&script=sci_arttext>. Acesso em: jul. 2014.

PIO, R.M.; MINAMI K. Caracterização dos frutos das variedades de tangerinas Sul da África e Thomas. **Laranja**, Cordeirópolis, v.23, n. 2, p.473-488, 2002. Disponível em: <http://revistalaranja.centrodecitricultura.br/index.php?pag=edicoes_revista&edicao=9>. Acesso em: jul. 2014.

POLETTI, N. **Nitrogênio no solo e na planta e o manejo da adubação nitrogenada em cevada no sistema plantio direto**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004. 118 p. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4584/000457906.pdf?sequence=1>>. Acesso em: jul. 2014.

PRUDENTE, R.M.; SILVA, L.M.S.; CUNHA SOBRINHO, A.P. Comportamento da laranja 'Pêra' sobre cinco porta-enxertos em ecossistema de tabuleiros costeiros, Umbaúba - SE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 110-112, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452004000100030&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: ago. 2014.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas : Instituto Agrônomo, 1996. 285p. (IAC. Boletim técnico, 100).

RATTIN, J.E.; ANDRIOLO, J.L.; WITTER, M. Acumulação de massa seca e rendimento de frutos de tomateiro cultivado em substrato com cinco doses de solução nutritiva **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21 n.1 , 2003 Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v21n1/a05v21n1.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

RIBEIRO, M.A.A.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; LIMA, U.A.; BAGGIO, C.E. Armazenamento da castanha do pará com e sem casca: efeito da temperatura na resistência ao ranço. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 50, n. 3 p. 343-348, 1993. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161993000300004>. Acesso em: jul. 2014.

ROCHETTE, P.; JANZEN, H. Towards a revised coefficient for estimating N₂O emissions from legumes. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 73, p. 171-179, 2005.

RUFINI, J.C.M e RAMOS, J.D. Influência do raleio manual sobre a qualidade dos frutos da tangerineira 'Ponkan' (Citrus reticulata Blanco). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n. 3, p.505-515, 2002. Disponível em: <file:///C:/Documents%20and%20Settings/020148/Meus%20documentos/Downloads/26-3-2002_09.pdf>. Acesso em: set. 2014.

SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIDIGAL, M.C.G.; MAIA, R.R.; KVITCHAL, M.V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, 115-125, 2002 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0006-87052002000200005&script=sci_arttext>. Acesso em: jul. 2014.

SANTANA, O.S.; SANTOS, R.D.; GOMES, I.A.; JESUS, R.M.; ARAÚJO, Q.R.; MENDONÇA, J.R. CALDERANO, S.B.; FARIA FILHO, A.F. **Solos da região Sudeste da Bahia: atualização da legenda de acordo com o sistema brasileiro de classificação de solos**. Ihéus: CEPLAC; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. Cd rom. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 16) Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/46286/1/Solos-Sudeste-Bahia.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

SILVA JUNIOR, M.J.; MEDEIROS, J.F. de; OLIVEIRA, F.H.T. de; DUTRA, I. Acúmulo de matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro "pele-de-sapo". **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n. 2, p. 364-368, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a17>>. Acesso em: jul. 2014.

SILVA, A.P; BOLIANI, A.C.; CORRÊA, L.S. Avaliação de cultivares de bananeira (Musa sp) na região de Selvíria-MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 101-103, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452006000100028&script=sci_arttext>. Acesso em: jul. 2014.

SILVA, G.G.; DINIZ, R.G.; SILVA, M.E. Avaliação química do mamão Papaia (Carica papaya L.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia**, Vitória, n. 3, p.1-7, 2007. Disponível em: <http://recitec.cefetes.br/artigo/documentos/RECITEC_III_Artigo02.pdf>. Acesso em: jul. 2014.

SOUZA, C.B.; SILVA, B.B.; AZEVEDO, P.V. Crescimento e rendimento do abacaxizeiro nas condições climáticas dos Tabuleiros Costeiros do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 2, p. 134-141, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662007000200002&script=sci_arttext>. Acesso em: set. 2014.

STOETZER, A; SCHEIDT, MFC; MARCONDES, MM; FARIAS, CMDR; MULLER, MML; KAWAKAMI, J.

Efeito da adubação nitrogenada no crescimento de tubérculos de plantas de batata cultivar Ágata em Guarapuava. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, 2009. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_3/A2159_T3708_Comp.pdf>. Acesso em: jul. 2014.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Versão 2. Campinas: NEPA, Unicamp. 2006. 113 p. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf>. Acesso em: jul. 2014.

TEIXEIRA, L.A.J., BATAGLIA, O.C., BUZETTI, S., FURLANI JR., E. Adubação com NPK em coqueiro anão-verde (*Cocos nucifera* L.) – atributos químicos do solo e nutrição da planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 115-119, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v27n1/24580.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

TEIXEIRA, L.A.J.; SPIRONELLO, A.; FURLANI, P.R.; SIGRIST, J.M.M. Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 219-224. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbf/v24n1/9929.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J. **Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 609-618, 2005.

TUNES, L.M.; BARROS, A.C.S.A.; BADINELLI, P.G.; GARCIA, D.G. **Armazenabilidade de sementes de cevada colhidas em diferentes épocas**. *Bioscience Journal*, v. 26, p. 403-412, 2010.

UBA - União Brasileira de Avicultura. São Paulo: UBA, 2007. 82p. Relatório Anual 2006/2007. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/4b55f27044eef0c36e4e1c43489aa419.pdf>>. Acesso em: set. 2014.

VALLADARES, G.S. **Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação**. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 142p. (Tese de Doutorado).

VASCONCELOS, A., NASCIMENTO, J. C. and MAIA, A. L., **A Cultura do Guaraná. Simpósio Internacional sobre Plantas de Interés Económico de la Flora Amazonica, (Belém, 1972)**. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica, 1976. p. 61-71.

VIDIGAL FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIDIGAL, M.C.G.; MAIA, R.R.; SAGRILO, E.; SIMON, G.A.; LIMA, R.S. Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052000000100011&lng=pt>. Acesso em: jul. 2014.

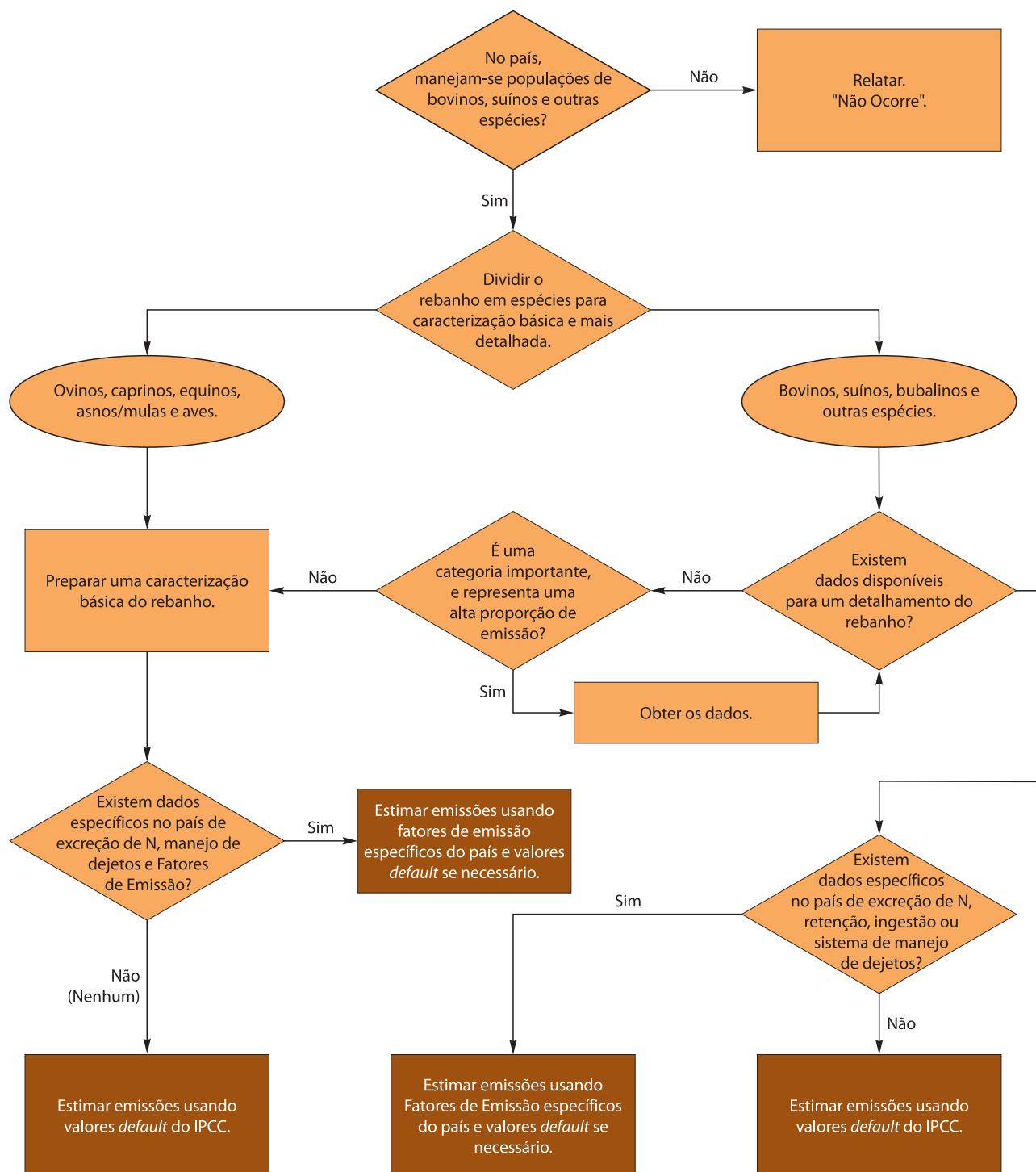
VIDIGAL, S.M.; PACHECO, D.D.; COSTA, E.L.; FACION, C.E. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, p. 112-118, 2009. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/3052/305226702016.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. Total Antioxidant Capacity of Fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 44, p. 701-705, 1996.

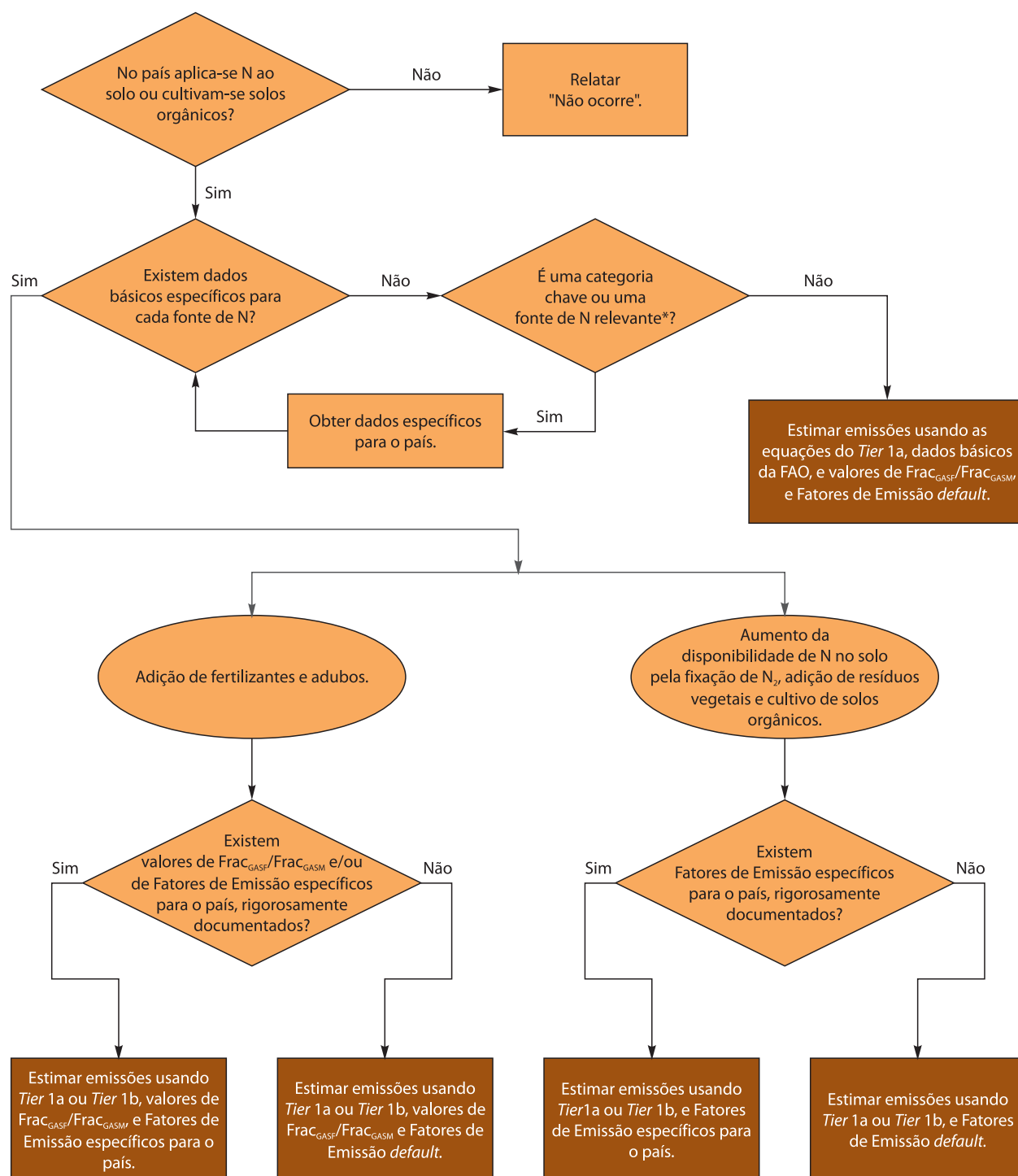
YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, K.; MACEDO, S.H.M.; FAVARO, D.I.T.; AFONSO, C.; VASCONCELLOS, M.B.A. Determinação de elementos essenciais e não essenciais em palmito pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 91-95, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v17n2/v17n2a03.pdf>>. Acesso em: jul. 2014.

ZOTARELLI, L. **Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina - PR**. 2000. 134p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

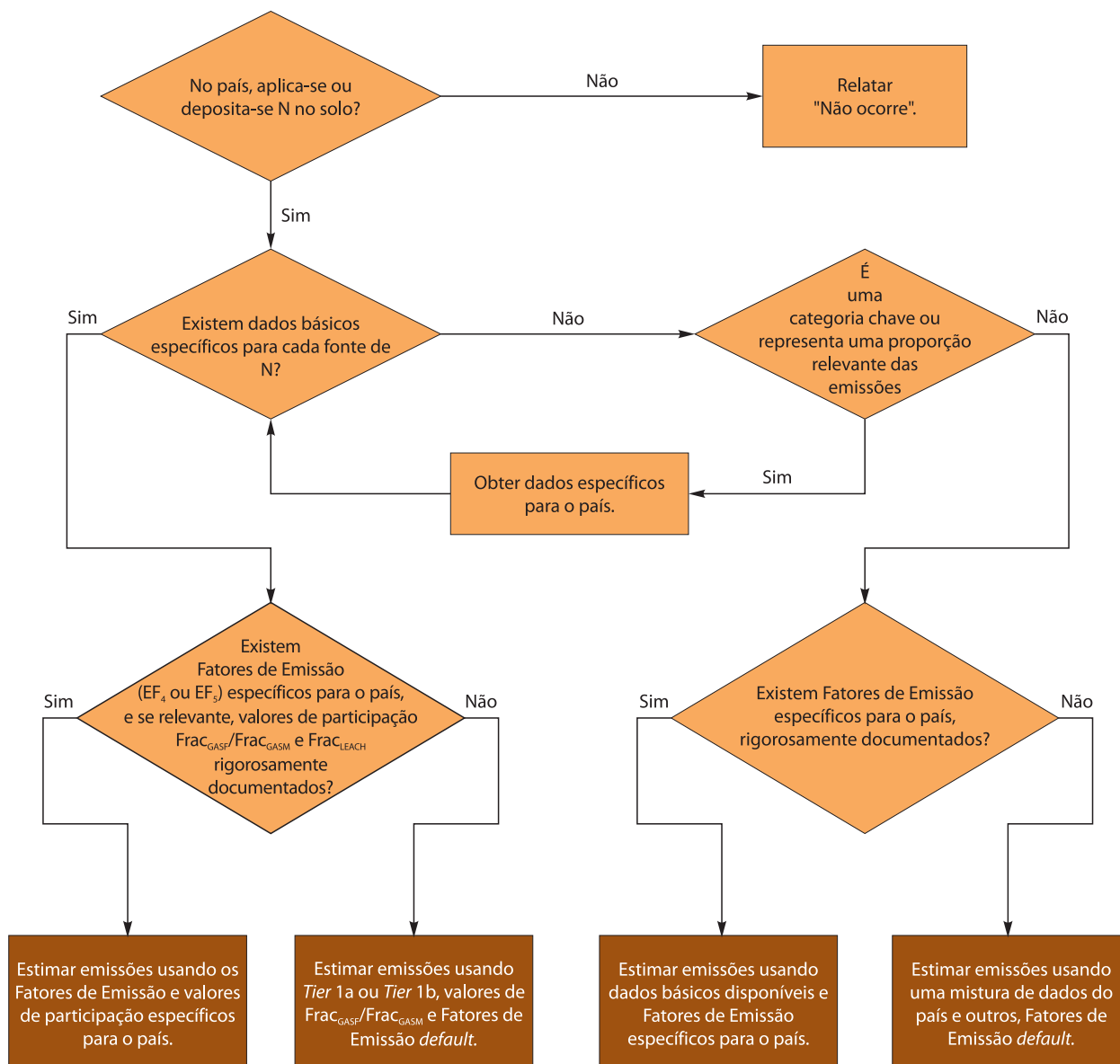
Anexo I – Árvore de decisão nos cálculos de emissões de N₂O pelo manejo de dejetos das diferentes espécies/categorias do rebanho.



Anexo II – Árvore de decisão nos cálculos de emissões diretas de N_2O de solos agrícolas.



Anexo III – Árvore de decisão nos cálculos de emissões indiretas de N₂O de solos agrícolas.





CALAGEM



Ficha Técnica

Coordenação

João Wagner Silva Alves

Elaboração

Gisele dos Anjos Passareli - Consultora técnica

Revisão Técnica

Bruna Patrícia de Oliveira - consultora técnica

Érica Marie Tachibana - consultora técnica

Gabriela Pacheco Rotondaro - consultora técnica

PARTE V - CALAGEM	163
1 Introdução	167
2 Método	168
3 Dados	169
4 Resultados	171
Referências	173

TABELAS

Tabela 1 - Fatores que influenciam na acidificação do solo	167
Tabela 2 - Quantidade de Calcário na Agricultura de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	169
Tabela 3 - Fator de Conversão de Carbono.....	169
Tabela 4 - Fator de Emissão de CO ₂ por Calagem	170
Tabela 5 - Emissões de CO ₂ por Calagem	171

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Emissões de CO ₂ por calagem de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo.....	171
Gráfico 2 - Comparação das emissões nacionais e estaduais de 1990 a 2008	172

EQUAÇÕES

Equação 1 - Estimativa das emissões de CO ₂ por calagem	168
Equação 2 - Fator de emissão de CO ₂ por calagem.....	168

1 Introdução

A calagem é uma prática agrícola que consiste na preparação do solo para o cultivo agrícola com a aplicação do calcário, contribuindo para o aumento de produtividade em razão de seus efeitos. Segundo Silva e Oliver (2001) alguns desses efeitos são:

- Correção da acidez do solo;
- Fornecimento de nutriente como o cálcio e o magnésio;
- Melhoria na eficiência dos fertilizantes;
- Aumento da disponibilidade dos nutrientes para a planta;
- Diminuição ou eliminação dos efeitos tóxicos do alumínio¹ e manganês;
- Melhoria do sistema radicular das plantas;
- Melhoria da atividade microbiana do solo.

A acidificação do solo pode ser influenciada, principalmente, pelos fatores apresentados no Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Fatores que influenciam na acidificação do solo

Fatores	Descrição dos impactos
Precipitação	A água da chuva, passando pelo solo, lixivia os nutrientes básicos como o cálcio e o magnésio, que são substituídos por hidrogênio, alumínio e manganês, elementos acidificantes do solo.
Utilização de fertilizantes	Alguns fertilizantes nitrogenados, principalmente os amoniacais, possuem a propriedade de acidificação devido às suas reações com elementos do solo
Decomposição da matéria orgânica	Compostos derivados da contínua decomposição da matéria orgânica existente nos solos pelos microorganismos reagem com o cálcio e o magnésio provocando a acidificação dos solos.
Remoção das camadas superficiais por erosão	Quando ocorrem perdas de solo por erosão, há uma inclusão de maior quantidade de subsolo nas camadas superficiais cultiváveis, o que geralmente, irá elevar os níveis de acidez deste solo, pois na maioria dos casos, quanto maior a profundidade, maior a acidez.

Fonte: Silva e OLIVER (2001)

As diretrizes do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 1996, 2000, 2003) incluem como fonte de emissão o calcário aplicado no solo. Quando esses carbonatos de cálcio (CaCO_3) ou dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) são dissolvidos no solo, os cátions de bases (Ca^{++} , Mg^{++}) são trocados com íons de hidrogênio (H^+) dos colóides do solo, o que reduz a acidez, e o bicarbonato formado (2HCO_3) continua a reagir para produzir dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). Apesar dos efeitos da calagem poderem perdurar alguns poucos anos em função do clima, do solo e das práticas de gestão, as diretrizes do IPCC consideram as emissões de CO_2 apenas no ano de aplicação.

Este relatório apresenta um panorama do consumo de calcário na agricultura do Estado de São Paulo, e as estimativas das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE) pela aplicação do calcário no solo para o período de 1990 a 2008.

1 A toxicidade do alumínio está associada a deficiências nutricionais, acarretando uma inibição no crescimento das raízes em profundidade, o que reduz a absorção de água e nutrientes, principalmente de P, Ca e Mg (BARBOSA FILHO, 2010).

2 Método

O método do IPCC (2003) divide em três graus de rigor as estimativas de emissão de CO₂ por calagem. As estimativas deste documento foram feitas por *Tier 1*, empregando-se dados como a quantidade de carbonato de cálcio (CaCO₃) aplicada anualmente na agricultura como calcário. Devido à falta de dados por tipo de carbonato (carbonato de cálcio e carbonato de magnésio), aplicou-se um fator de emissão sem diferenciação entre as composições variáveis dos carbonatos, considerando-se que o CaCO₃ seja o principal composto do calcário consumido no Estado.

O fator de emissão, segundo o IPCC (1996)², é equivalente ao teor de carbono presente no carbonato, ou seja, 12% para o CaCO₃ e 12,2% para o CaMg(CO₃)₂.

A Equação 1, a seguir, é utilizada para estimar as emissões de CO₂ pelo processo da calagem.

Equação 1 - Estimativa das emissões de CO₂ por calagem

$$E_{CO_2} = FE_{CO_2} \cdot C_{CAL}$$

onde:

E _{CO₂}	Emissão de CO ₂	[t _{CO₂} . ano ⁻¹]
FE _{CO₂}	Fator de Emissão	[t _{CO₂} . tcal ⁻¹]
C _{cal}	Consumo de calcário	[t _{cal} . ano ⁻¹]

O fator de emissão de CO₂, é dado pela Equação 2, apresentada a seguir, que transforma o fator de conversão de carbono em fator de emissão de CO₂.

Equação 2 - Fator de emissão de CO₂ por calagem

$$FE_{CO_2} = FC \cdot \frac{44}{12}$$

onde:

FE _{CO₂}	Fator de Emissão de CO ₂	[t _{CO₂} . tcal ⁻¹]
FC	Fator de Conversão de Carbono	[t _C .tcal ⁻¹]
44/12	Balanço de Massa entre CO ₂ e C	[t _{CO₂} .t _C ⁻¹]

2 Este Relatório adotou o ano de 1996 para esta referência. Contudo, o ano de sua publicação foi de 1997.

3 Dados

As informações utilizadas foram os dados anuais de comercialização de calcário no Estado de São Paulo no período de 1990 a 2008. A seguir, na Tabela 2, são apresentadas a quantidade de calcário utilizada pelo setor de agricultura no Estado de São Paulo no período de 1990 a 2008.

Tabela 2 - Quantidade de Calcário na Agricultura de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo

Ano	Calcário
	(Gg.ano ⁻¹)
1990	2.117
1991	2.200
1992	3.430
1993	3.611
1994	4.567
1995	3.362
1996	3.437
1997	3.724
1998	3.597
1999	3.205
2000	3.323
2001	3.136
2002	3.199
2003	3.843
2004	3.016
2005	3.354
2006	4.101
2007	4.239
2008	3.322

Fonte: SINDICAL (2010)

Nota: Informação não publicada enviada à CETESB via e-mail pelo Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo (SINDICAL), por conta disso não constam nas referências.

Na Tabela 3 são apresentados os fatores de conversão de carbono publicados pelo IPCC (1996, 2003). Para as estimativas de emissões deste relatório aplicou-se o fator de conversão de $0,12t_C \cdot t_{\text{calcário}}^{-1}$.

Tabela 3 - Fator de Conversão de Carbono

Tipo de carbonato	Fator de emissão	Unidade
Calcário	0,120	$t_C \cdot t_{\text{calcário}}^{-1}$
Dolomita	0,122	$t_C \cdot t_{\text{dolomita}}^{-1}$

Fonte: IPCC (1996, 2003)

Na Tabela 4, são apresentados os fatores de emissão de CO₂ utilizados para estimar a emissão de CO₂ oriundo da calagem, conforme apresentado na Equação 1.

Tabela 4 - Fator de Emissão de CO₂ por Calagem

Tipo de carbonato	Fator de emissão	Unidade
Calcário	0,440	$t_{CO_2} \cdot t_{calcário}^{-1}$
Dolomita	0,447	$t_{CO_2} \cdot t_{dolomita}^{-1}$

Fonte: CETESB (2011)

Nota: Informações elaboradas pela CETESB para realização deste documento, a partir da metodologia descrita.

4 Resultados

A Tabela 5, abaixo, apresenta as estimativas das emissões de CO₂ referentes ao processo de calagem em solos agrícolas no Estado de São Paulo e no Brasil no período de 1990 a 2008.

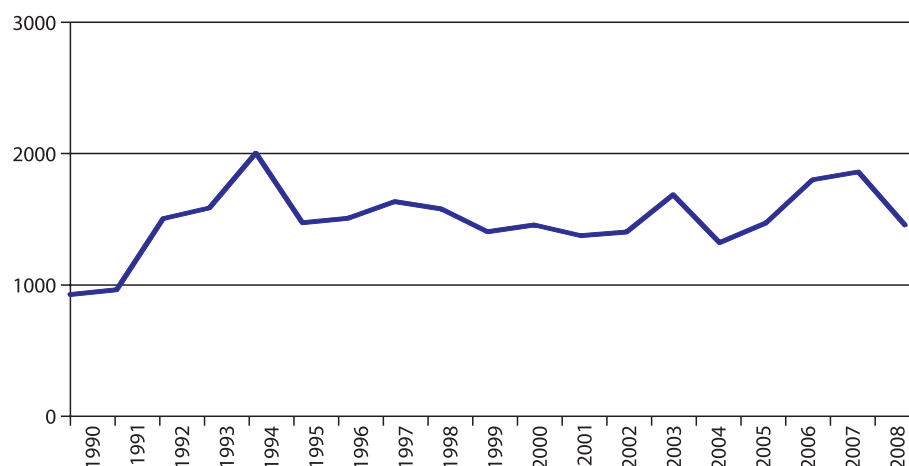
Tabela 5 - Emissões de CO₂ por Calagem

Ano	Emissão de CO ₂ (Gg _{CO2} .ano ⁻¹)	
	São Paulo	Brasil
1990	931	5.100
1991	968	4.720
1992	1.509	6.780
1993	1.589	8.650
1994	2.009	8.990
1995	1.479	5.400
1996	1.512	6.870
1997	1.639	7.510
1998	1.583	7.100
1999	1.410	6.730
2000	1.462	8.720
2001	1.380	7.950
2002	1.408	9.810
2003	1.691	11.640
2004	1.327	11.580
2005	1.476	7.470
2006	1.805	7.410
2007	1.865	9.750
2008	1.462	10.550

Fonte: BRASIL (2013)

O Gráfico 1, a seguir, apresenta o consumo, no Estado de São Paulo, de calcário pela agricultura de 1990 a 2008.

Gráfico 1 - Emissões de CO₂ por calagem de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo



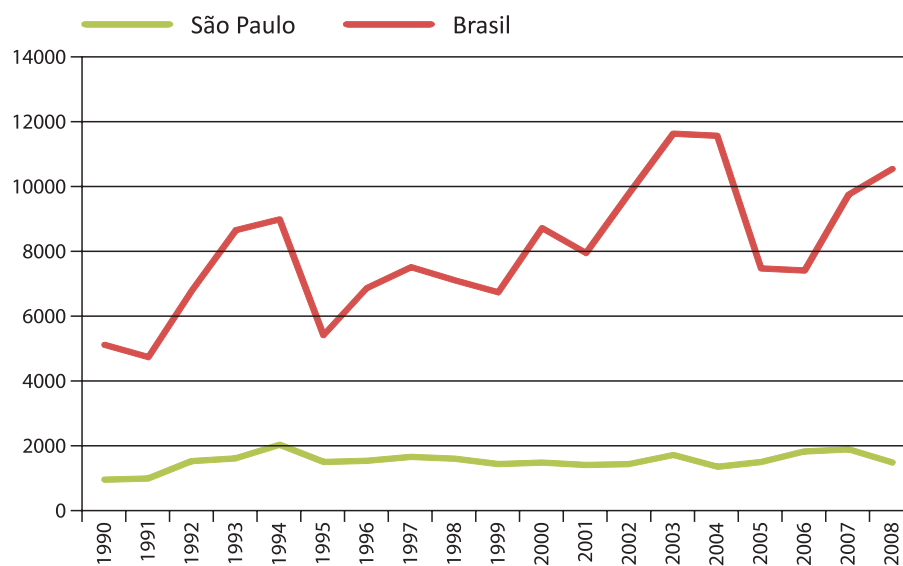
Fonte: CETESB (2011)

Nota: Informações elaboradas pela CETESB para realização deste documento, a partir da tabela citada.

O uso de calcário na agricultura aumentou a cada ano, salvo exceções, provavelmente relacionadas às variações da economia. Tal aumento de consumo explica o aumento das estimativas de emissões desse subsetor no período analisado.

O Gráfico 2 apresenta o perfil das emissões nacionais de 1990 a 2008. As emissões do Estado (931Gg_{CO2}) representaram 18% das emissões nacionais (5.103Gg_{CO2}) de 1990, e 14% em 2008 (sendo 10.550Gg_{CO2} nacional e 1.462Gg_{CO2} do Estado). O perfil das emissões estaduais de 1990 a 2008 não apresentaram o mesmo comportamento das emissões nacionais no período correspondente, conforme é possível observar no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparação das emissões nacionais e estaduais de 1990 a 2008



Fonte: CETESB (2014)

Nota: Informações elaboradas pela CETESB para realização deste documento.

Referências

- BARBOSA FILHO, M. P. **Calagem**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_87_1311200215104.html>. Acesso em: out. 2010.
- BRASIL. MCTI. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://gvces.com.br/arquivos/177/EstimativasClima.pdf>>. Acesso em: jul.2014.
- IPCC. **Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: workbook**. Bracknell: IPCC, OECD, IEA, 1997. v. 2. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch4wb1.pdf>>. Acesso em: ago. 2014
- _____. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry**. 2000. Disponível em:<<https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/srl-en.pdf>> Acesso em: jul. 2014.
- _____. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry**. 2003. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf>. Acesso em: jul. 2014.
- SILVA, A. R. P.; OLIVER, E. . Calagem: o alicerce da agricultura. **Revista Coopercitrus Informativo Agropecuário**. Bebedouro: ano 15, n. 175, p. 32-34, maio 2001. Disponível em: <<http://www.coopercitrus.com.br/index.php?pag=revista&p=materia&codigo=699&edicao=175>>. Acesso em: jul. 2014.

Apoio



Embaixada Britânica
Brasília

Realização



GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO

Secretaria do Meio Ambiente

ISBN 978-85-61405-83-0