

COMUNICAÇÃO ESTADUAL

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

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
- CETESB -

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

2ª Edição

Governo do Estado de São Paulo

Secretaria do Meio Ambiente

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

São Paulo, 2011

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

C418i CETESB (São Paulo)

Inventário de emissões antrópicas de gases de efeito estufa diretos e indiretos do Estado de São Paulo, 1. : comunicação estadual / CETESB; coordenação João Wagner Silva Alves, Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer; Equipe Mariana Pedrosa Gonzalez ... [et al.]. - 2.ed. - São Paulo : CETESB, 2011.

192 p. : il. color.

Publicado também em CD e impresso

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

ISBN 978-85-61405-23-6

1. Aquecimento global 2. Efeito estufa - São Paulo (Est.) 3. Gases – inventário - São Paulo (Est.) 4. Mudanças climáticas I. Título.

CDD (21.ed. Esp.) 577.276 816 1

CDU (ed. 99 port.) 504.7 (815.6)

Catalogação na fonte: Margot Terada CRB 8.4422

Governo do Estado de São Paulo

Geraldo Alckmin

Secretaria do Meio Ambiente

Bruno Covas

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Otavio Okano

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

Otávio Okano – Diretor-Presidente

Nelson R. Bugalho – Diretor Vice-Presidente

Diretoria de Gestão Corporativa

Sergio Meirelles Carvalho – Diretor

Diretoria de Controle e Licenciamento Ambiental

Geraldo do Amaral Filho – Diretor

Diretoria de Engenharia e Qualidade Ambiental

Carlos Roberto dos Santos – Diretor

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental

Ana Cristina Pasini da Costa – Diretora

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

Coordenação:

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB



Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo – PROCLIMA



Apoio:



**Embaixada Britânica
Brasília**

Raio-x das emissões

O Estado de São Paulo está fortemente comprometido com as políticas ambientais, tanto que criou a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), instituída pela Lei Estadual nº 13.798, de 2009, que estabelece seu compromisso frente aos desafios das mudanças climáticas globais e define a redução de 20% nas emissões de gases do efeito estufa.

O 1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo - Período 1990 a 2008 - nos oferece uma ampla visão dessas emissões, o que facilitará sua correta identificação, e aumentará as possibilidades de desenharmos uma estratégia de redução e compensação mais eficaz. É provável ainda que traga outros ganhos ambientais, como redução do consumo de matérias-primas e eficiência energética, por exemplo.

O inventário é parte importante da Comunicação Estadual e uma ferramenta para a gestão das emissões de gases de efeito estufa, e como tal deve ser utilizada dentro de uma estratégia de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e de sustentabilidade. O documento será atualizado periodicamente, de forma a gerar informações que sejam comparáveis nacional e internacionalmente e que permitam quantificar as emissões do estado no contexto global.

Conter as emissões é tarefa indispensável, impondo-se a necessidade de criação e implementação de medidas de mitigação e adaptação. É parte fundamental do compromisso assumido por São Paulo de participar ativamente dos esforços de proteção do sistema climático global e de promover a transição para uma economia de baixo carbono no estado.

Bruno Covas

Secretário do Meio Ambiente

Apresentação

A presente segunda edição do Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (GEE) Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo, de agosto de 2011, substitui a primeira edição do referido documento, o qual foi amplamente revisado. Constitui importante instrumento para implementação da Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC). Instituída pela Lei Estadual 13.798/09, e regulamentada pelo Decreto 55.947/10 essa política define a elaboração, atualização periódica e publicação de inventários de emissões antrópicas, discriminadas por fontes, e das remoções por meio de sumidouros dos GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal.

A partir da análise dos resultados das estimativas e dos setores avaliados, o inventário possibilita conhecer o perfil das fontes de emissões e identificar as prioridades estaduais para implantação de programas de mitigação que promovam iniciativas de redução das emissões de GEE no Estado de São Paulo. Este documento tem grande relevância também, no reconhecimento por parte do governo, da opinião pública, das indústrias e demais áreas produtivas, da importância do tema e da necessidade de que medidas sejam tomadas.

O inventário foi coordenado pelo Programa Estadual de Mudanças Climáticas (PROCLIMA), criado em 1995 pela CETESB/SMA. Impulsionada pela oportunidade de aprendizado adquirida na participação da elaboração do inventário nacional de emissões de GEE do setor de resíduos junto ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a CETESB procurou desenvolver um inventário estadual com um nível de rigor e credibilidade compatíveis com a relevância do Estado de São Paulo no contexto nacional. O documento foi realizado em conformidade com os métodos aprovados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) e à semelhança da publicação federal, visando também coerência e comparabilidade aos resultados nacionais.

A conclusão bem sucedida desse projeto só foi possível com a confiança e o apoio da Embaixada Britânica no Brasil, bem como com a participação de universidades, institutos de pesquisas, associações patronais, empresas de capital privado e público, órgãos do governo, inúmeros pesquisadores e colaboradores voluntários, que de diferentes formas contribuíram para a obtenção das estimativas das emissões dos setores da economia estadual.

Otavio Okano

Diretor Presidente da CETESB

Diretor-Presidente

Otávio Okano

Diretor Vice-Presidente

Nelson R. Bugalho

Diretoria de Avaliação de Impacto Ambiental – I

Ana Cristina Pasini da Costa

Departamento de Avaliação de Processos – IP

Alfredo Carlos Cardoso Rocca

Divisão de Sustentabilidade – IPC

Carlos Ibsen Vianna Lacava

Setor de Clima e Energia – IPCE

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer

Comunicação Estadual – Coordenação

Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo – PROCLIMA

Ficha Técnica da Publicação

Coordenação Técnica e Editorial

João Wagner Silva Alves

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer

Revisão Técnica

Bruna Patrícia de Oliveira

Érica Marie Tachibana

Francisco Emilio Baccaro Nigro

João Wagner Silva Alves

Mariana Pedrosa Gonzalez

Oswaldo dos Santos Lucon

Equipe

Mariana Pedrosa Gonzalez - Coordenação Executiva da 1ª Edição

Bruna Patrícia de Oliveira

Camila Bernardo de Faria

Camila Capassi Malagodi

Daniel Soler Huet

Érica Marie Tachibana

João Wagner Alves

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer

Ligia Prangutti Orlandi

Omar de Almeida Cardoso

Rafael Takayama Garrafoli

Renata Monteiro Siqueira

Talita dos Santos Esturba

Colaboradores

Adjarma Azevedo, Afonso Moraes de Moura, André Luis Ferreira, Bruno José Rodrigues Alves, Calvin Stefan Iost, Carlos Alberto Sequeira Paiva, Cleber Sabonaro, Clotilde P. Ferri Santos, David Shiling Tsai, Eduardo Toshio, Eliane Aparecida Milani de Queiróz Lopes da Cruz, Gabriela Pacheco Rotondaro, George Henrique Carvalho Magalhães Cunha, Gisele dos Anjos Passareli, Gonzalo Visedo, José Carlos Dellacqua, José Domingos Gonzalez Miguez, Lairton Oscar Goulart Leonardi, Lucien Belmonte, Lucila Caselato, Magda Aparecida de Lima, Marcos Eduardo Gomes da Cunha, Mauricio Born, Neuza Maria Maciel, Obdúlio Fanti, Paula Duarte Araújo Chrestan, Roberto Fujimoto (*in memoriam*), Roberto Peixoto, Rodrigo Chaves Cardoso de Oliveira, Ronny Potolski, Thelma Krug, Viviane Nunes, Yushiro Kihara.

Revisão de Texto da 1ª Edição

Matheus Fernando Kelson Batinga de Mendonça

Revisão de Texto da 2ª Edição

Camila Capassi Malagodi

Daniel Soler Huet

João Wagner Silva Alves

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer

Ligia Prangutti Orlandi

Omar de Almeida Cardoso

Rafael Takayama Garrafoli

Renata Monteiro Siqueira

Capa

Vera Severo

Editoração

Wilson Issao Shiguemoto

Eduardo Shimabokuro

Fotos

Acervo Cetesb

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB

Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo – PROCLIMA

Avenida Professor Frederico Hermann Júnior, 345, CEP 05459-900, São Paulo – SP

Fone: 55(11) 3133 3000

Site: www.cetesb.sp.gov.br

www.cetesb.sp.gov.br/geesp

www.cetesb.sp.gov.br/proclima

E-mail: proclima@cetesbnet.sp.gov.br

Esta 2ª edição foi realizada com recursos do contrato entre a Embaixada Britânica e a CETESB para subsidiar o “Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo”, iniciado em 2008 e concluído em 2011, sob a coordenação do PROCLIMA da CETESB/SMA.

<http://www.cetesb.sp.gov.br/proclima>

Coordenação Institucional do Projeto

Fátima Aparecida Carrara – Gerente do Departamento de Cooperação Internacional

Luciana Morini (apoio)

Coordenação Executiva do Projeto

Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer – Secretária Executiva do PROCLIMA

Eliane Aparecida Milani de Queiróz Lopes da Cruz (apoio)

Coordenação Técnica do Projeto

João Wagner Silva Alves – Coordenador do PROCLIMA



Embaixada Britânica
Brasília

A realização desta publicação só foi possível com o apoio da Embaixada Britânica no Brasil.

Agradecimentos

Nossos sinceros agradecimentos a: Alan Charlton, Embaixador do Reino Unido no Brasil, parceiro imprescindível nesses três anos de projeto; Otavio Okano, Presidente da CETESB, pelo apoio incondicional; Fátima Aparecida Carrara que coordenou o relacionamento institucional da CETESB com a Embaixada Britânica e durante três anos foi uma parceira estratégica, contando com o apoio presente e incansável de Luciana Morini, Denise Soletto e equipe do Departamento de Cooperação Internacional da CETESB; Fernando Rei, ex-presidente da CETESB, pelo apoio à cooperação com a Embaixada Britânica e pelo acompanhamento deste projeto durante todo o percurso de trabalho; José Domingos Gonzales Miguez, Newton Paciornick, do MCT e Thelma Krug do INPE pela confiança, longo apoio à implementação deste 1º Inventário de GEE do Estado de São Paulo. Para Ana Lúcia Segamarchi nossa gratidão pelo início das conversações com o Governo Britânico. Para Oswaldo dos Santos Lucon, Assessor Técnico do Secretário do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, nosso reconhecimento pela participação no processo de articulação da parceria com a Embaixada Britânica e pelo apoio e contribuições inestimáveis.

Expressamos nosso especial reconhecimento à: equipe da Embaixada Britânica, que nos apoiou durante os três anos do desenvolvimento deste projeto, em especial para Ana Nassar, Daniel Grabois, Larissa Araújo, Márcia Sumirê e Raissa Ferreira. A Francisco Emilio Baccaro Nigro, Assessor da Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo, nossa especial referência e agradecimento pela preciosa revisão técnica; às 120 instituições, aos 320 colaboradores, revisores, participantes da Rede de Inventário do Estado de São Paulo citados em lista própria; à equipe técnica participante dos convênios, contratos e parcerias que elaboraram os 26 Relatórios de Referência de cada setor e subsetor inventariado, damos um especial destaque aos coordenadores, a saber: Adjarma Azevedo, Afonso Moraes de Moura, André Luis Ferreira, Bruno José Rodrigues Alves, Cleber Sabonaro, Clotilde P. Ferri Santos, David Shiling Tsai, Gonzalo Visedo, José Carlos Dellacqua, Lairton Oscar Goulart Leonardi, Lucien Belmonte, Lucila Caselato, Magda Aparecida de Lima, Marcos Eduardo Gomes da Cunha, Obdúlio Fanti, Paula Duarte Araújo Chrestan, Roberto Fujimoto (*in memoriam*), Roberto Peixoto, Rodrigo Chaves Cardoso de Oliveira, Ronny Potolski, Thelma Krug e Yushiro Kihara.

Finalmente, nosso reconhecimento aos profissionais que participaram das reuniões realizadas ao longo dos três anos de projeto para apresentação e análise das informações dos setores inventariados e aos cidadãos e especialistas que enviaram contribuições técnicas durante o período de consulta pública, entre outubro/2010 e agosto/2011; essas pessoas viabilizaram um dos mais importantes objetivos do PROCLIMA, de construir a informação sobre as emissões do estado, com um processo inclusivo e o mais abrangente possível.

Autores, Revisores e Colaboradores

Adalberto Maluf
Adjarma Azevedo
Adriana dos Santos Siqueira Scolastini
Adriano Truffi Lima
Afonso Moraes de Moura
Airon Magno Aires
Airton Camargo
Alan Charlton
Alana Almeida de Souza
Alexandre Contente
Alexandre de Oliveira e Aguiar
Alfred Swarcz
Aline Salim
Aline Yukari Naokazu
Américo Sampaio
Ana Claudia Lima
Ana Cristina Pasini da Costa
Ana Lúcia F. R. Szajubok
Ana Lúcia Segamarchi
Ana Nassar
Ana Paula Chacur Rodrigues
Ana Paula Yoshimochi
André Elia Neto
André H. C. Botto e Souza
André Luis Ferreira
André Luiz de Lima Reda
André Nozawa Brito
Andrea Daleffi Scheide
Andressa Zamai
Angela Martins de Souza
Antonia Jadranka Suto
Ariovaldo Ferraz de A. Veiga
Arlete Tiero Ohata
Arnaldo César da Silva Walter
Aruntho Savastano Neto
Beatriz Kiss
Bernardo F. T. Rudorff
Bernardo Lorena
Bruna Patrícia de Oliveira
Bruno José Rodrigues Alves
Cacilda Bastos
Caio Augusto Pinheiro Corrêa
Calvin Stefan Iost
Camila Bernardo de Faria
Camila Capassi Malagodi
Camila Isaac França
Carla Kazue Nakao Cavaliero
Carlos Alberto Sequeira Paiva
Carlos Barbeiro
Carlos Braga
Carlos Feu Alvim
Carlos Ibsen Vianna Lacava
Carlos R. Barbeiro Lima
Carmen Sílvia Câmara Araújo
Carolina de Andrade
Carolina Maria Lembo
Célia Regina Pandolphi Pereira
Charles Jefferson de Miranda
Cida Contrera
Claudio Henrique Bogossian
Cláudio Márcio Ribeiro Furlan
Cleber Sabonaro
Clotilde Pinheiro Ferri dos Santos
Cristiane Dias
Cristina Costa
Daniel A. de Aguiar
Daniel Grabois
Daniel Nicolato Epitácio Pereira
Daniel Picanço
Daniel Soler Huet
Darcy Brega Filho
Dario Lamanna
David Shiling Tsai
Dayane de Carvalho Oliveira
Denise Soletto
Diego Henrique Dutra Penido

Diógenes Del Bel
Douglas Valadê A. Campos
Eder Dias dos Santos
Ederson Rodrigues Profeta
Edivaldo Cia
Edmundo Wallace
Edson Eduardo Mrociski
Eduardo Coichev Teixeira
Eduardo Figueiredo
Eduardo Leão de Sousa
Eduardo Shimabokuro
Eduardo Toshio Sugawara
Eliana Szasz
Eliane Aparecida Milani de Queiróz L. da Cruz
Elizabeth Marques
Elpídio Sgobbi Neto
Elton César de Carvalho
Ennio Peres da Silva
Eric Silva Abreu
Érica Marie Tachibana
Euclides Francisco Jutkoski
Expedito Ronaldo Gomes Rebello
Fabio Feldmann
Fátima Aparecida Carrara
Felipe de Oliveira Valencio
Fernanda Bandeira de Mello
Fernanda Cristina Baruel Lara
Fernando Beltrame
Fernando Régis dos Reis
Fernando Rei
Filipe Leme Lopes
Flávia Cristina Aragão
Flávio de Miranda Ribeiro
Francisco A. do Nascimento
Francisco do Espírito Santo Filho
Francisco Emílio Baccaro Nigro
Francisco S. Mello Filho
Gabriela Mello
Gabriela Pacheco Rotondaro
Gabriela Ribeiro
Gabriela Sá Leitão de Mello
George Henrique C. Magalhães Cunha
Geroncio Brito de Mesquita
Giane Fátima Valles
Giovanni Barontini
Gisele dos Anjos Passareli
Giuseppe Santanchè
Glauco Turci
Gonzalo Visedo
Gustavo A. Reginato
Gustavo de Melo Ribeiro
Heloísa Hollnagel
Isabella A. de Oliveira
Ivy Wiens
Jacqueline de Oliveira Souza
Jakson A. de Oliveira
Jean Cesare Negri
João Batista Vivarelli
João Carlos M. Coelho
João Wagner Silva Alves
Jorge Lapa
José Augusto S. Malta Moreira
José Carlos Dallacqua
José Domingos Gonzales Miguez
José Goldemberg
José Luiz de Carra
José Luiz Perin Leite
José Manoel de Vasconcellos
Josilene Ticianelli Vannuzini Ferrer
Julia Rocha
Júlio César Swartele
Kamyla B. Cunha
Keith A. Brown
Laércio Kutianski José Romeiro
Lairton Oscar Goulart Leonardi
Larissa Araújo
Laura B. Antoniazzi
Leandro Batista Yokomizo
Leo Genin
Leonardo Mitidiero Mansor
Lidia Harue Hanada
Ligia Prangutti Orlandi

Lineu José Bassoi
Lucas Manoel Bispo
Lucas Trindade Brito
Luciana Mamede Santos
Luciana Morini
Luciano Coelho
Lucien Belmonte
Lucila Caselato
Luis Gylvan Meira Filho
Luiz Cortez
Luiz Eduardo B. Pires
Luiz Henrique Carvalho
Luizi M. B. Estancione
Luzair Machado
Magda Aparecida de Lima
Manuel Cláudio de Sousa
Marcelo Costa Almeida
Marcelo de Souza Minelli
Marcelo Francisco Sestini
Marcelo Pereira Bales
Marcelo Poci Bandeira
Marcelo Rocha
Marcelo Rodolfo Siqueira
Marcelo Terenzi Conceição
Marcelo V. Takaoka
Márcia A. T. Moraes Barros
Márcia Bueno
Márcia Cristina Passos F. Santos
Márcia Sircia de Sousa
Márcia Sumirê
Márcio de Oliveira Pinto
Márcio Roberto M. de Andrade
Marco Antônio Sanchez Artuzo
Marco Aurélio Nalon
Marcos Adami
Marcos Antonio Vieira Ligo
Marcos Eduardo Gomes Cunha
Marcos Pellegrini Bandini
Maria Conceição Peres Young Pessoa
Maria de Fátima Caetano Prado
Maria Luiza Padilha
Maria Natividade M. Nunes
Maria Sircia de Sousa
Mariana Gonzalez
Marina Balestero dos Santos
Mariana Rezende Ayrosa
Mariana Sigrist
Mário Rocco Pettinati
Marli Oliveira E. Pontes
Marta P. Militão da Silva
Martha F. B. Maganha
Matheus Fernando K. Batinga de Mendonça
Maurício Firmento Born
Mauricio P. Xavier
Mauro Adamo Seabra
Mauro Kazuo Sato
Mauro Meirelles
Mayra Braga Rocha
Mellina Zanon Breda
Mika Saito
Milton Geraldo Fuzatto
Milton Xavier
Nádia Taconelli Paterno
Natália Costa de Lima
Natasha Fayer C. Bagdonas
Neuza Maria Maciel
Newton Paciornick
Norberto dos Santos
Obdulio Diego Juan Fanti
Omar de Almeida Cardoso
Omar Vieira Villela
Osmar G. Silva
Oswaldo dos Santos Lucon
Oswaldo Poffo
Patrícia dos Santos Mancilha
Paula de Melo Chiste
Paula Duarte Araújo Chrestan
Paula Eugênia Dias Gomes
Paula Fernandes Iezzi
Paulo César Ferreira Alves
Paulo de Lamo
Paulo Henrique F. de Oliveira

Paulo Neulaender
Paulo Takanori Katayama
Pedro Magalhães Sobrinho
Rafael Fonseca da Cruz
Rafael Notarangeli Fávoro
Rafael Takayama Garrafoli
Raissa Ferreira
Ramón Carollo Sarabia Neto
Reinaldo A. Almança
Renata Inês Ramos
Renata Monteiro Siqueira
Renato Soares Armelin
Ricardo Cantarini
Ricardo Emilio da Silva
Ricardo Gomes dos Santos Barbosa
Roberta Santoro de Constantino
Roberto de Aguiar Peixoto
Roberto Kenji Fujimoto
Roberto Moussallem
Roberto Poletto
Roberto Strumpf
Roberto Wilson Oliveira Dias
Rodnei Cassiano Todorow
Rodrigo Botteghin Machado
Rodrigo C. A. Lima
Rodrigo Chaves C. de Oliveira
Rodrigo do Prado Rezende
Ronny Potolski
Rosana Maria Henrique
Rosana Peique Aznar Benetti
Rosely Ferreira
Rosimeire S. Magalhães Molina
Rubens Lopes Saraiva
Rúbia Kuno
Rui Alves de Oliveira
Rute Fature F. de Souza
Samoel Vieira de Souza
Seiiti Suzuki
Sérgio Alex C. de Almeida
Sérgio Lopes Dousseau
Sérgio Pacca
Sérgio Valdir Bajay
Sérgio Zanzin Teruel
Sílvia M. Astolpho
Silvio A. Figueiredo
Silvio M. Ichihara
Sinvaldo Cristóvão Pacheco
Sofia Jucon
Sônia Beatriz Machado Alves
Sônia Maria Manso Vieira
Taiana Brito
Taiana Nunes dos Santos
Talita dos Santos Esturba
Tânia Maria Mascarenhas Pinto
Tassiana Yeda Faria Segantine
Teresa Costa Camarão
Thelma Krug
Themis Piazzetta Marques
Thiago Augusto da Costa
Thuanni Amorim
Tiago Costa Minelli
Tiago Massao Matsumoto
Ubirajara Moura de Freitas
Ubirajara Sampaio de Campos
Umberto Calderia Cinque
Vagner Cruz
Valéria B. Lima
Vanderlei Borsari
Vandir Daniel da Silva
Vanildes Oliveira Ribeiro
Victor Salviati
Vinícius Suassuna
Viviane Nunes
Viviane Romeiro
Volf Steinbaum
Wilson Issao Shiguemoto
Yosio E. Shimabukuro
Yushiro Kihara
Zoraide S. S. Carnicel

Entidades Autoras, Revisoras e Colaboradoras

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio	Terrestres
ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland	APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos	BASF – The Chemical Company
ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação	BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel
ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes	Cabot Corporation
ABIPECS – Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína	Caixa Econômica Federal
ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química	Camargo Corrêa Cimentos
ABIVIDRO – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro	CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal	CBA – Companhia Brasileira de Alumínio
ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento	CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais	CBFT – Companhia Brasileira de Florestas Tropicais
ABRIPUR – Associação Brasileira da Indústria do Poliuretano	CBRN – Coordenação de Biodiversidade e Recursos Naturais
ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel	CEA – Coordenação de Educação Ambiental
AEA – Associação Brasileira de Engenharia Automotiva	CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas
AEA Technology	CESP – Companhia Energética de São Paulo
Agência Ambiental Pick-upau	CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil	Ciclo Ambiental
Andrade & Canellas Energia	Cimento Nassau
ANEC – Associação Nacional dos Exportadores de Cereais	Clinton Foundation
ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores	CNPC – Conselho Nacional da Pecuária de Corte
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis	Companhia Docas de São Sebastião
ANTT – Agência Nacional de Transportes	CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento
	CPLA – Coordenação de Planejamento Ambiental
	CRHI – Coordenação de Recursos Hídricos
	CTC – Centro de Tecnologia Canavieira

DAESP – Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo	INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
DEDINI – Indústrias de Base	INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
e&e – Economia e Energia	IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Eccaplan	ISA – Instituto Socioambiental
Econergy	IVG – Instituto Vale das Garças
ECOPLAN Engenharia	Luftech Soluções Ambientais
Ecouniverso	MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia
Embaixada Britânica	METRÔ – Companhia do Metropolitano de São Paulo
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	MMA – Ministério do Meio Ambiente
Enviroconsult	PETROBRAS
EQAO	Pinheiro Pedro Advogados
ERM – Environmental Resources Management	PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
FAS – Fundação Amazonas Sustentável	Prefeitura Municipal de Nova Odessa
FEB – Fábrica Ética Brasil	Purcom
FGV – Fundação Getulio Vargas	Rhodia
Fibria	SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo	São João Energia Ambiental
Frigelar	SDECT – Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo
FUNARBE – Fundação Arthur Bernardes	Secretaria de Energia do Estado de São Paulo
FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais	Secretaria de Logística e Transportes do Estado de São Paulo
Grupo Ozônio	SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná
IABr – Instituto Aço Brasil	SINDICAL – Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola do Estado de São Paulo
IAC – Instituto Agrônomo de Campinas	SINDRATAR – Sindicato da Indústria de Refrigeração, Aquecimento e Tratamento de Ar no Estado de São Paulo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
ICLEI – Local Governments for Sustainability	SMACNA Brasil – Sheet Metal and Air Conditioning Contractors’ National Association
ICONE – Instituto de Estudos do Comércio e Negociações Internacionais	SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
IEA – Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo	
IEMA – Instituto de Energia e Meio Ambiente	
IF – Instituto Florestal	
IMT – Instituto Mauá de Tecnologia	
INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária	

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

STM – Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo

SVMA – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente de São Paulo

Swiss Energy Corporation

UBABEF – União Brasileira de Avicultura

UFABC – Universidade Federal do ABC

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

Usiminas

USP – Universidade de São Paulo

Votorantim Metais

Relação dos Temas dos Relatórios de Referência e suas Entidades Responsáveis, que Agregam o Conjunto das Informações do 1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo¹

PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS

- PRODUÇÃO QUÍMICA – ABIQUIM
- PRODUÇÃO DE ALIMENTOS E BEBIDAS – CETESB
- PRODUÇÃO DE CAL – CETESB
- PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE – CETESB
- PRODUÇÃO DE VIDRO – CETESB
- PRODUÇÃO METALÚRGICA – CETESB, IABR, IMT
- PRODUÇÃO DE CIMENTO – CETESB, SNIC, ABCP
- USO DE SOLVENTES E OUTROS PRODUTOS – IMT

ENERGIA

- QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM DE REFERÊNCIA (*TOP-DOWN*) – CICLO AMBIENTAL
- QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS: ABORDAGEM SETORIAL (*BOTTOM-UP*) – CICLO AMBIENTAL
- TRANSPORTE AQUAVIÁRIO – CETESB
- TRANSPORTE FERROVIÁRIO – CETESB
- TRANSPORTE AÉREO – IMT
- TRANSPORTE RODOVIÁRIO – IMT
- REFINO DE ÓLEO E DERIVADOS – PETROBRAS

AGROPECUÁRIA

- CALAGEM – CETESB
- SOLOS AGRÍCOLAS E MANEJO DE DEJETOS – EMBRAPA
- PECUÁRIA: FERMENTAÇÃO ENTÉRICA E DEJETOS – EMBRAPA
- QUEIMA DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS – EMBRAPA
- CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO – EMBRAPA

USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS

- USO DA TERRA, MUDANÇA DO USO DA TERRA E FLORESTAS – FUNCATE

RESÍDUOS SÓLIDOS E EFLUENTES LÍQUIDOS

- DISPOSIÇÃO OU TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E EFLUENTES LÍQUIDOS – CETESB

1. NOTA DO EDITOR: os Relatórios citados constam nas Referências deste documento e estão no prelo.

Sumário Executivo e Considerações Adicionais

A Política Estadual de Mudanças Climáticas

Por conta do aumento das concentrações atmosféricas de Gases de Efeito Estufa (GEE) e das consequentes alterações climáticas globais, não só os governos nacionais que fazem parte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) (BRASIL, 1992), mas também os governos subnacionais ou locais, como os governos dos estados, províncias e municípios, têm se empenhado em fazer estimativas das emissões desses gases visando subsidiar a sociedade na identificação das prioridades locais e adoção das medidas mais adequadas para reduzir essas emissões.

Nesse sentido, o Governo do Estado de São Paulo, em 09 de novembro de 2009, publicou a Lei Estadual 13.798 (SÃO PAULO, 2009a), que institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC), regulamentada pelo Decreto 55.947, de 24 de junho de 2010 (SÃO PAULO, 2010).

No Artigo 6º da Lei 13.798/2009 estão definidas as diretrizes para a elaboração, a atualização periódica e a publicação de inventários de emissões antrópicas, discriminadas por fontes e das remoções, por meio de sumidouros, dos GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, com o emprego de métodos comparáveis nacional e internacionalmente. Em especial, no Inventário de Emissões de GEE do Estado de São Paulo, ampliando o escopo legal, foram incluídas as emissões dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal, visto que esses

também contribuem para o aumento do efeito estufa. No Artigo 7º da mesma Lei, está definida a Comunicação Estadual, que inclui na sua estrutura o Inventário de Emissões (SÃO PAULO, 2009a).

O presente documento apresenta o 1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo, inclusive dos gases controlados pelo Protocolo de Montreal no período de 1990 a 2008. É o resultado da consolidação revisada de 26 Relatórios de Referência Setoriais desenvolvidos por instituições de excelência e especialistas. Esses relatórios estiveram em Consulta Pública na página de *internet* da CETESB por um período de cerca de dez meses.

O Estado de São Paulo no Contexto Nacional

O Inventário Brasileiro de GEE, em um país com a extensão e diversidade que caracterizam o Brasil, é um desafio organizacional e que demanda dados estatísticos, por vezes, inexistentes ou sem a qualidade necessária às estimativas sobre o tema. A esse respeito, a Comunicação Nacional² cumpre o seu papel determinando com clareza, transparência e todos os demais princípios metodológicos estabelecidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima³, a realidade nacional em termos de emissões de GEE. Todavia, mesmo com a elevada qualidade desse documento, deve-se considerar que, até por não ser um dos objetivos dos seus elaboradores, a Comunicação Nacional não

2. BRASIL. MCT. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF: MCT, 2010. 520 p.

3. IPCC. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama, Japan: IGES, 2000.

_____. **Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory**. 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.

NOTA DO EDITOR: A Comunicação Estadual adotou o ano de 1996 para essa referência. Contudo, o ano de sua publicação foi 1997.

fornece ao governo e sociedade do Estado de São Paulo as informações necessárias para o desenvolvimento de uma política de mudanças climáticas adequada à realidade local.

Por outro lado, visando comparar os resultados do Inventário do Estado de São Paulo com os do Brasil, outras informações são apresentadas a seguir: de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁴, em 2008, o PIB nacional foi de 3,0 trilhões de reais, enquanto o PIB do Estado de São Paulo foi de 1,0 trilhão, o que significa que a economia do estado produz 33% da riqueza nacional. A mesma publicação indica que a renda *per capita* nacional naquele ano foi de 16,0 mil reais, enquanto a renda *per capita* no Estado de São Paulo foi de 24,5 mil.

De acordo com o Banco Mundial⁵, o PIB do Brasil em 2009 foi o oitavo maior do mundo, correspondendo a 1,6 trilhão de dólares americanos. Mantida a proporção, observada em 2008, entre o PIB de São Paulo e o nacional, o PIB do Estado de São Paulo poderia ter sido estimado, na lista do Banco Mundial, em 0,51 trilhão de dólares americanos no ano de 2009. Comparando esse dado ao PIB dos 193 países avaliados pelo Banco Mundial, o Estado de São Paulo ocuparia a 19ª posição, sendo superado, nas Américas, pelas economias dos EUA (1ª - 14,1 trilhões), Brasil (8ª - 1,6 trilhão), Canadá (10ª - 1,3 trilhão) e México (14ª - 0,87 trilhão).

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

O Estado de São Paulo emitiu, em 2005, 88.844 Gg_{CO2} e, incluindo os demais GEE, 139.811 Gg_{CO2eq}.

Estimativas de 1990 a 2008

Foram considerados neste Inventário, os GEE listados no Anexo A do Protocolo de Quioto (PROTOCOLO DE QUIOTO, 1997): dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbono (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF₆). Também foram consideradas as emissões dos GEE Indiretos (IPCC, 1996⁶, 2000a): óxido de nitrogênio (NOx), monóxido de carbono (CO) e os compostos orgânicos voláteis (VOC). Além disso, também foram considerados os clorofluorcarbonos (CFC) e os hidroclorofluorcarbonos (HCFC), substâncias que além de contribuírem para o aquecimento global, destroem a camada de ozônio e, portanto, são controladas pelo Protocolo de Montreal. Os GEE foram estimados por Setores, conforme determina o IPCC (1996, 2000a e 2006): Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos; Agropecuária; Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas; e Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos.

O método empregado para elaboração do Inventário, de forma a gerar uma estimativa comparável à estimativa nacional e a outras internacionais e subnacionais, foi o do IPCC *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Guidelines 1996*, publicado em 1997; o *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories - Good Practice Guidance 2000*, publicado em 2000; o *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry - Good Practice Guidance 2003*, publicado em 2003; e o *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Guidelines 2006*.

4. IBGE. *Produto Interno Bruto a preços correntes e Produto Interno Bruto per capita, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e os Municípios: 2004-2008*. Rio de Janeiro, 2010.
5. WORLD BANK. *Gross Domestic Product 2009*. World Development Indicators Database. World Bank, 15 December 2010.
6. NOTA DO EDITOR: A Comunicação Estadual adotou o ano de 1996 para esta referência, por ser conhecido com esta data. Contudo, o ano de sua publicação foi 1997.

Ano de Referência

A Lei Estadual 13.798/2009 define, como referência, o ano de 2005, para uma meta a ser cumprida em 2020. Por essa razão, a referência do Inventário é o ano de 2005. Visando gerar uma série histórica, foram estimadas emissões de 1990 a 2008.

Emissões de GEE em CO_{2eq}

As emissões apresentadas na unidade de Dióxido de Carbono Equivalente (CO_{2eq}), referem-se às emissões de GEE utilizando como métrica de equivalência, o Potencial de Aquecimento Global (GWP), em um horizonte de tempo de 100 anos. Considerando que para diferentes fontes de consultas é possível identificar diferenças nos GWP, os fatores aplicados nesta estimativa foram obtidos no IPCC (1996).

A Coordenação da Elaboração do Inventário

A elaboração do Inventário envolveu ao todo 320 pesquisadores e 120 instituições, tanto governamentais como da iniciativa privada. Foram feitas 8 reuniões da rede de inventário no auditório da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com a presença total de 400 participantes no conjunto das reuniões. O projeto de elaboração do Inventário, apoiado pelo Governo Britânico, teve início em março de 2008 e conclusão em março de 2011, cumprindo o cronograma acordado entre a CETESB e o Governo Britânico.

Resultados da Estimativa das Emissões do Estado de São Paulo

A seguir, na Tabela 1 são apresentados os resultados do Inventário das emissões e remoções de GEE do Estado de São Paulo para os anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008⁷.

7. Em função da grande quantidade de informações do período entre 1990 e 2008, optou-se por apresentar, neste sumário, os resultados de apenas alguns anos. Esses foram os mesmos escolhidos no Sumário Executivo da Comunicação Nacional, com exceção do ano de 2008 (BRASIL, 2010a).

Tabela 1. Emissões e Remoções de GEE do Estado de São Paulo para os Anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008

Setor	Ano	unidade	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC-134a	SF ₆	CFC-11	CFC-12	CFC-113	HCFC-22	HCFC-141b	CO	NOx	VOC
Energia	1990	Gg	56.395	16	1								571	369	219
	1994		64.795	19	2								637	427	284
	2000		80.161	22	2								802	541	372
	2005		78.584	30	3								804	514	345
	2008		85.335	35	3								867	549	353
	Var. 90/00	42	40	70								40	46	70	
	Var. 90/05	%	39	88	130							41	39	57	
Var. 90/08	51	124	182								52	48	61		
Processos Industriais	1990	Gg	3.396	1,1	10,5	NE	0,0013	0,6660	0,1058	0,2562	0,6620	NE	3,54	0,95	59
	1994		3.268	1,0	16,2	NE	0,0013	1,2400	0,2090	0,0869	0,9150	NE	8,95	2,40	84
	2000		4.577	1,5	19,8	0,2568	0,0016	1,3914	0,2429	0,0163	1,7860	NE	11,35	3,04	146
	2005		12.685	1,5	22,8	0,6068	0,0020	0,0317	0,1813	NE	2,0880	0,8170	17,11	4,58	185
	2008		12.218	NE	NE	0,9471	0,0022	0,0441	0,1782	NE	2,9730	1,0850	20,21	5,41	214
	Var. 90/00	35	36	88	NA	23	109	130	-94	170	NA	221	220	146	
	Var. 90/05	%	NA	36	116	NA	54	NA	71	NA	215	NA	383	382	212
Var. 90/08	NA	NA	NA	NA	69	NA	68	NA	349	NA	471	469	260		
Agropecuária	1990	Gg	931	734	31								1,29	0,11	
	1994		2.009	770	34								1,63	0,14	
	2000		1.462	782	35								1,07	0,09	
	2005		1.476	792	38								1,48	0,13	
	2008		1.462	678	38								1,58	0,13	
	Var. 90/00	57	7	13								-17	-17		
	Var. 90/05	%	58	8	23							15	15		
Var. 90/08	57	-8	23								23	21			
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	1990	Gg	NE												
	1994		NE												
	2000		-1.333												
	2005		-3.918												
	2008		-3.282												
	Var. 90/00	NA													
	Var. 90/05	%	NA												
Var. 90/08	NA														
Resíduos	1990	Gg	0,01	278	—										
	1994		12,70	301	0,001										
	2000		19,04	365	0,001										
	2005		16,92	445	0,001										
	2008		19,69	438	0,001										
	Var. 90/00	NA	31	NA											
	Var. 90/05	%	NA	60	NA										
Var. 90/08	NA	58	NA												
Total Líquido	1990	Gg	60.722	1.028	42	NE	0,001	0,7	0,1	0,26	0,7	NE	576	371	278
	1994		70.085	1.091	51	NE	0,001	1,2	0,2	0,09	0,9	NE	648	429	368
	2000		84.886	1.171	56	0,3	0,002	1,4	0,2	0,02	1,8	NE	814	544	518
	2005		88.844	1.268	63	0,6	0,002	0,03	0,2	NE	2,1	0,8	823	519	530
	2008		95.752	1.152	41	0,9	0,002	0,04	0,2	NE	3,0	1,1	889	554	567
	Var. 90/00	40	14	33	NA	23	109	130	-94	170	NA	41	47	86	
	Var. 90/05	%	46	23	49	NA	54	NA	71	NA	215	NA	43	40	90
Var. 90/08	58	12	-3	NA	69	NA	68	NA	349	NA	54	50	104		
Emissões de gás de efeito estufa apenas para fins de informação, não incluídas no inventário															
Combustíveis de Biomassa	1990	Gg	33.786												
	1994		37.528												
	2000		36.094												
	2005		53.195												
	2008		76.505												
	Var. 90/00	7													
	Var. 90/05	%	57												
Var. 90/08	126														

Nota : NE - Não Estimado, NA - Não Aplicável, "—" - Valor igual a zero.
Vazio - Não são emissões previstas pelo método do IPCC.

Comparação dos Resultados no Estado de São Paulo com os Resultados do Brasil.

Visando a comparação das emissões do Estado de São Paulo com as do Brasil, na Tabela 2 são apresentados os resultados da estimativa de emissões de GEE do Brasil para os anos de 1990, 1994, 2000 e 2005 e na Tabela 3, a comparação dos resultados de São Paulo com os do Brasil.

Tabela 2. Emissões e Remoções de GEE no Brasil para os Anos de 1990, 1994, 2000 e 2005

Setor	Ano	unidade	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC-23	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	CF ₄	C ₂ F ₆	SF ₆	CO	NOx	VOC
Energia	1990	Gg	179.948	427	8,5									14.919	1.781	1.022
	1994		206.250	382	9,0									14.438	1.996	974
	2000		289.958	388	9,6									11.415	2.334	860
	2005		313.695	541	12,1									11.282	2.388	958
	Var. 90/00		61	-9	14									-23	31	-16
	Var. 90/05	%	74	27	43									-24	34	-6
Processos Industriais	1990	Gg	45.265	5,1	10,7	0,12	—	0,0004	—	—	0,302	0,026	0,01	365	8	322
	1994		48.703	6,5	16,3	0,157	—	0,0685	—	—	0,323	0,028	0,014	510	11	382
	2000		63.220	8,9	19,9	—	0,0071	0,4713	0,0075	0,0001	0,147	0,012	0,015	542	14	474
	2005		65.474	9,2	22,8	—	0,1249	2,2819	0,0929	0,1748	0,124	0,01	0,025	626	18	599
	Var. 90/00		40	73	87	-100	NA	108.876	NA	NA	-52	-56	54	48	69	47
	Var. 90/05	%	45	79	114	-100	NA	527.498	NA	NA	-59	-61	153	71	128	86
Uso de Solventes e Outros Produtos	1990	Gg														350
	1994															435
	2000															473
	2005															595
	Var. 90/00															35
	Var. 90/05	%													70	
Agropecuária	1990	Gg		9.539	334									2.543	219	NE
	1994			10.237	369									2.741	233	NE
	2000			10.772	393									2.131	181	NE
	2005			12.768	476									2.791	237	NE
	Var. 90/00			12,9	17,6									-16,201	-17	
	Var. 90/05	%		33,9	42,7								9,7523	8		
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	1990	Gg	766.493	1.996	14									17.468	496	NE
	1994		830.910	2.238	15,4									19.584	556	NE
	2000		1.258.345	3.026	20,8									26.476	752	NE
	2005		1.258.626	3.045	20,9									26.641	757	NE
	Var. 90/00		64	52	52									52	52	
	Var. 90/05	%	64	53	53								53	53		
Resíduos	1990	Gg	24	1.227	9											
	1994		63	1.369	10,8											
	2000		92	1.658	12,4											
	2005		110	1.743	14											
	Var. 90/00		276	35	37											
	Var. 90/05	%	349	42	54											
Total	1990	Gg	991.731	13.195	376	0,12	—	0,0004	—	—	0	0,026	0,01	35.296	2.504	1.693
	1994		1.085.925	14.233	421	0,157	—	0,0680	—	—	0,323	0,028	0,014	37.273	2.797	1.791
	2000		1.611.615	15.852	455	—	0	0,4710	0,007	0,0001	0,147	0,012	0,015	40.563	3.280	1.807
	2005		1.637.905	18.107	546	—	0,125	2,2820	0,093	0,175	0,124	0,01	0,025	41.339	3.399	2.152
	Var. 90/00		63	20	21	-100	NA	108.876	NA	NA	-52	-56	54	15	31	7
	Var. 90/05	%	65	37	45	-100	NA	527.498	NA	NA	-59	-61	153	17	36	27
Bunker Fuels	1990	Gg	5.231	0,01	0,15									23	NE	NE
	1994		4.339	0,01	0,12									19	NE	NE
	2000		14.627	0,60	0,23									201	118	24
	2005		15.759	0,66	0,24									221	132	26
	Var. 90/00		NA	NA	NA									NA	NA	NA
	Var. 90/05	%	NA	NA	NA								NA	NA	NA	
Combustíveis de Biomassa	1990	Gg	187.962													
	1994		190.896													
	2000		180.471													
	2005		243.606													
	Var. 90/00		-4													
	Var. 90/05	%	30													

Nota: NE - Não Estimado, NA - Não Aplicável, "—" - Valor igual a zero, 0 - Valor menor que 1 Vazio - Não são emissões previstas pelo método do IPCC

Fonte: Brasil (2010a)

Tabela 3. Razão Entre as Estimativas de Emissões de GEE no Estado de São Paulo e no Brasil

Setor	Ano	Unidade	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC-134a	SF ₆	CO	NOx	VOC
Energia	1990	%	31	4	13			4	21	21
	1994		31	5	17			4	21	29
	2000		28	6	20			7	23	43
	2005		25	5	22			7	22	36
Processos Industriais	1990	%	8	22	98	NA	13	1	12	18
	1994		7	16	99	NA	9	2	22	22
	2000		7	17	99	54	11	2	22	31
	2005		19	16	100	27	8	3	25	31
Agropecuária	1990	%	NA	8	9			0,1	0,050	
	1994		NA	8	9			0,7	0,005	
	2000		NA	7	9			0,6	0,004	
	2005		NA	6	8			0,6	0,005	
Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	1990	%	NA							
	1994		NA							
	2000		-0,1							
	2005		-0,3							
Resíduos	1990	%	0,042	23	0,000					
	1994		20	22	0,007					
	2000		21	22	0,010					
	2005		15	26	0,008					
Total Líquido	1990	%	6	8	11	NA	13	2	15	16
	1994		6	8	12	NA	9	2	15	21
	2000		5	7	12	55	11	2	17	29
	2005		5	7	12	27	8	2	15	25

Nota: NA - Não Aplicável.

Da mesma forma, essa comparação para o ano de 2005 é apresentada para os diferentes setores da economia na Tabela 4.

Tabela 4. Emissões de GEE no Estado de São Paulo e no Brasil em 2005

Setor	São Paulo		Brasil		SP/BR (%)
	Emissão	Participação	Emissão	Participação	
	(Gg _{CO2eq})	(%)	(Gg _{CO2eq})	(%)	
Energia	80.017	57,2	328.808	15,0	24,3
Processos Industriais	20.610	14,7	77.939	3,6	26,4
Agropecuária	29.818	21,3	415.754	19,0	7,2
Resíduos	9.366	6,7	41.048	1,9	22,8
UTMUTF	0,0	0,0	1.329.053	60,6	0,0
Total	139.811	100	2.192.602	100,0	6,4

O Gráfico 1 apresenta as emissões de GEE do Estado de São Paulo e do Brasil no ano de 2005.

Gráfico 1. Emissões de GEE do Estado de São Paulo e do Brasil em 2005 (Gg_{CO_2eq})



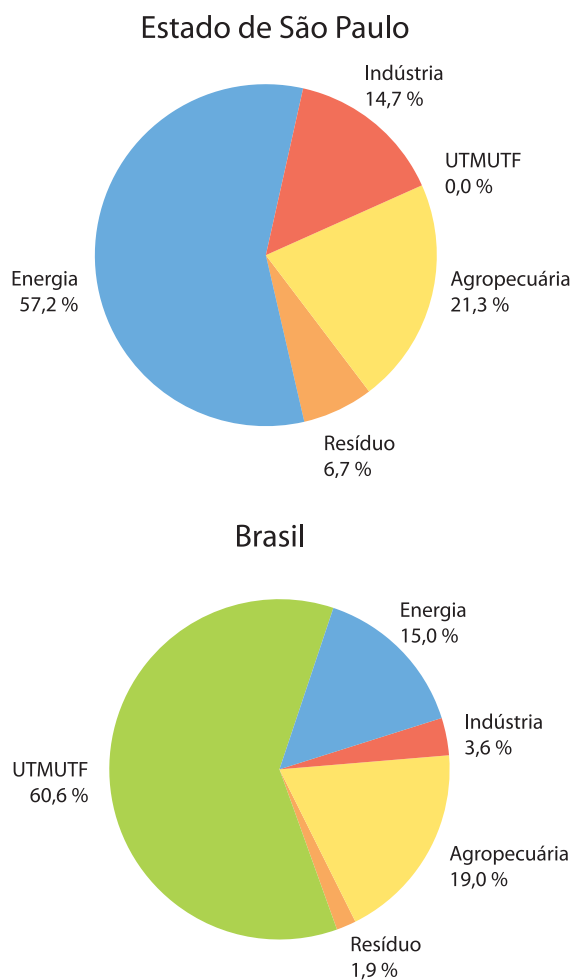
Finalmente, na Tabela 5, comparando as emissões de GEE e o PIB do Estado de São Paulo e do Brasil, conclui-se que a economia do Estado de São Paulo, responsável por 33% do PIB nacional, emite 6,5% do total de GEE do país. Em outras palavras, para cada mil reais produzidos no país, é emitido 0,72 t_{CO_2eq} , enquanto no Estado de São Paulo, a mesma produção corresponde a 0,14 t_{CO_2eq} o que equivale a 20% do indicador nacional.

Tabela 5. Emissões de GEE (2005) e PIB do Brasil e do Estado de São Paulo

	Emissão de GEE	PIB	Intensidade de Emissão
	$10^9 t_{CO_2eq}$	10^9 (1000 R\$)	$t_{CO_2eq} \cdot (1000 R\$)^{-1}$
Brasil	2,19	3,03	0,72
São Paulo	0,14	1,00	0,14

O Gráfico 2 apresenta a distribuição das emissões de GEE do Estado de São Paulo e do Brasil, onde podem ser observadas as áreas da economia mais relevantes em nível estadual e nacional.

Gráfico 2. Emissões de GEE do Estado de São Paulo e do Brasil em 2005 (%)



A Coordenação da Elaboração do Inventário

Os primeiros contatos com a Embaixada Britânica ocorreram em meados de 2007 para as tratativas preliminares da parceria. O projeto teve início efetivamente em março de 2008 com os primeiros trabalhos de planejamento e estruturação metodológica do Inventário Estadual e assinatura de convênios com as entidades parceiras. Definiu-se como premissa seguir o método do IPCC recomendado pela UNFCCC e também adotado no inventário nacional, de forma a gerar informações comparáveis nacional e internacionalmente, que permitissem quantificar as emissões no contexto global.

Para a execução deste projeto, o PROCLIMA/CETESB, responsável pela sua coordenação, articulou a formação de uma extensa rede de parceiros para o levantamento dos dados e estimativa das emissões. Buscou-se agregar profissionais do tema, entidades e órgãos de excelência em cada um dos setores a serem inventariados, criando condições para a produção de informações de alta qualidade, em um processo inclusivo das instituições e entidades interessadas em participar do trabalho. A elaboração do Inventário formou uma rede que envolveu ao todo 320 pesquisadores e 120 instituições, como entidades governamentais, universidades, empresas da iniciativa privada e ONGs.

A preocupação com o desenvolvimento de um processo de trabalho com tais características e proporções resultou na decisão pela realização periódica de reuniões de coordenação técnica, nas quais as instituições parceiras prestaram contas do andamento

de suas pesquisas, compartilharam dados, solucionaram dúvidas e esclareceram aspectos metodológicos de seus trabalhos⁸. Em complemento, essas reuniões também acolheram novas entidades e pesquisadores que foram se agregando ao processo de trabalho e apoiaram o levantamento das informações⁹.

Foram realizadas 8 reuniões da rede de inventário no auditório da CETESB¹⁰ com a presença total de cerca de 400 participantes no conjunto das reuniões, representando uma parcela expressiva dos principais parceiros do projeto. Inúmeras reuniões com entidades específicas também foram realizadas com o propósito de trocar informações e efetuar revisões técnicas imprescindíveis para evitar dupla contagem de emissões, conferindo maior consistência aos resultados apresentados.

Além da coordenação da rede, um grupo de trabalho foi criado como estrutura de apoio técnico, que realizou as estimativas dos principais setores do Inventário, que incluiu a Ciclo Ambiental, a EMBRAPA, a FUNCATE (com apoio do INPE), o Instituto Mauá de Tecnologia e a PETROBRAS, entre outros. A CETESB, além da coordenação do projeto, também calculou as estimativas de emissões do Setor de Resíduos, apoiando-se na experiência adquirida durante a realização dos inventários das emissões de GEE do Setor de Resíduos das duas Comunicações Nacionais do Brasil à UNFCCC e em diversas pesquisas para organizações internacionais, como Banco Mundial e o IPCC¹¹. Esta parceria com

8. As memórias destas reuniões, bem como suas gravações de áudio, estão disponíveis na página do projeto (GEESP): <<http://www.cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/rede-de-inventario/34-rede-estadual-de-inventario-de-gee-do-estado-de-sao-paulo>>.

9. Essa participação está registrada nas listas de especialistas e entidades autoras, revisoras e colaboradoras, da publicação do Inventário

10. As oito reuniões da rede de inventário realizadas ao longo dos anos de 2009 e 2010 foram documentadas e os arquivos relacionados estão disponíveis na página de *internet* do projeto.

11. Também destaca-se nesse conjunto a coordenação da Rede Nacional de Inventário de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes e a participação na parceria *Global Methane Initiative* (GMI), sob a coordenação da US-EPA.

a equipe de mudanças climáticas do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) foi fundamental, pois viabilizou o acesso à parcela das informações do Inventário Brasileiro de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Florestas (UTMUTF), principalmente para o período de 1995 a 2000. A equipe do PROCLIMA também realizou as estimativas dos Subsetores de Alimentos e Bebidas, Cal, Calagem, Papel e Celulose, Transportes Ferroviário e Aquaviário, Vidro e ainda participou da elaboração das estimativas dos Subsetores de Cimento e de Metalurgia, realizando diversas reuniões temáticas com os setores envolvidos.

Após a elaboração dos 26 Relatórios de Referência que compõem o conjunto do Inventário, os documentos ficaram disponíveis para *download* na página de *internet* da CETESB

em Consulta Pública desde outubro de 2010 até agosto de 2011, cumprindo a determinação do Artigo 16, parágrafo 1° do Decreto Estadual 55.947/10, que regulamenta a Política Estadual de Mudanças Climáticas.

O Inventário recebeu dezenas de questionamentos e contribuições técnicas durante o período de Consulta Pública, algumas das quais motivaram uma revisão no Inventário de Emissões de GEE do ano de 2005, apresentado formalmente em novembro de 2010. As contribuições pertinentes foram incorporadas aos resultados finais deste documento e seus proponentes constam da lista de colaboradores, revisores e autores. Destaque-se que, com este amplo processo de trabalho, o conjunto das informações ganhou consistência e legitimidade.

Lista de Siglas e Abreviaturas

A – Rios e lagos (área não manejada)	DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
ABAL – Associação Brasileira do Alumínio	DI – Floresta Ombrófila Densa Alto Montana
ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland	Dm – Floresta Ombrófila Densa Montana
ABIA – Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação	Ds – Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana
ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne	EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ABIPECS – Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína	ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química	Fa – Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
ABIVIDRO – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro	fc – Fator de Correção de Estoque de Carbono do Solo
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas	FCA – Ferrovia Centro-Atlântica S.A.
ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal	FCC – <i>Fluid Catalytic Cracking</i> (Craqueamento Catalítico Fluido)
ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas	FE – Fator de Emissão
Ac – Área agrícola	fI – Fator de Correção de Estoque de Carbono do Solo devido à Adição de Fertilizantes
ALL – América Latina Logística S.A.	fLU – Fator de Correção de Estoque de Carbono do Solo devido ao Uso da Terra
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil	Fm – Floresta Estacional Semidecidual Montana
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica	FM – Floresta manejada
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária	fMG – Fator de Correção de Estoque de Carbono do Solo devido à Práticas de Manejo
Ap – Pastagem plantada	FNM – Floresta não manejada
AvAgr – Área Agrícola	Fs – Floresta Estacional Semidecidual Submontana
AvRef – Áreas de Reflorestamento	FSec – Floresta secundária
AVGAS – Gasolina de Aviação	FUNARBE – Fundação Arthur Bernardes
BEESP – Balanço Energético do Estado de São Paulo	FUNCATE – Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais
BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel	GEE – Gás/Gases de Efeito Estufa
CATI – Coordenadoria de Assistência Técnica Integral	GHG – <i>Greenhouse Gases</i>
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo	GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
CKD – <i>Cement Kiln Dust</i> (Poeira de Forno do Cimento)	GMI – <i>Global Methane Initiative</i>
Cm – Floresta Estacional Decidual Montana	GM – Campo manejado
Cs – Floresta Estacional Decidual Submontana	GNM – Campo não manejado
CNPC – Conselho Nacional de Pecuária de Corte	GNV – Gás Natural Veicular
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente	GSec – Campo com vegetação secundária
COSIPA – Companhia Siderúrgica Paulista	GTP – <i>Global Temperature Potential</i> (Potencial de Temperatura Global)
CPTM – Companhia Paulista de Trens Metropolitanos	GWP – <i>Global Warming Potential</i> (Potencial de Aquecimento Global)
CSI – <i>Cement Sustainability Initiative</i> (Iniciativa para a Sustentabilidade do Cimento)	IABr – Instituto Aço Brasil
CTEEP – Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista	IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Da – Floresta Ombrófila Densa Aluvial	IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Db – Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	IEA – Instituto de Economia Agrícola

IEA – <i>International Energy Agency</i>	Res – Reservatórios (área manejada)
IGES – <i>Institute for Global Environmental Strategies</i> (Instituto de Estratégias Ambientais Globais)	RMSP – Região Metropolitana de São Paulo
IMT – Instituto Mauá de Tecnologia	RI – Refúgio Alto-Montano
IncrAgr – Incremento Médio Anual de Carbono em Área Agrícola em Formação	Rm – Refúgio Montano
IncrRef – Incremento Médio Anual de Carbono em Área de Reflorestamento em Formação	Remf – Áreas Manejadas de Vegetação Nativa com Fisionomia Florestal
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais	Remg – Áreas Manejadas de Vegetação Nativa com Fisionomia Não Florestal
IPCC – <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima)	S – Área urbana
LSPA – Levantamento Sistemático da Produção Agrícola	Sa – Savana Arborizada
LTO – <i>Landing-Takeoff Cycles</i> (Ciclos de Pouso e Decolagem)	Sd – Savana Florestada
MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia	SDO – Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio
MDI – <i>Metered-dose Inhaler</i> (Inalador de Dose Calibrada)	Sg – Savana Gramíneo-Lenhosa
MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo	SIGEA® – Sistema Informatizado de Gestão de Emissões Atmosféricas da Petrobras
MI – Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana	SIN – Sistema Interligado Nacional
Mm – Floresta Ombrófila Mista Montana	SINDICAL – Sindicato das Indústrias de Calcário e Derivados para Uso Agrícola no Estado de São Paulo
MMA – Ministério do Meio Ambiente	SINDSOLV – Sindicato Nacional do Comércio Atacadista de Solventes de Petróleo
MME – Ministério de Minas e Energia	SMA – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
MRS – MRS Logística SA	SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
NO – Área não observada	SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
O – Outros usos	Sp – Savana Parque
OC – <i>Organic Carbon</i> (Carbono Orgânico)	SSE – Secretaria de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo
OECD – <i>Organization for Economic Co-Operation and Development</i> (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico)	ST – Secretaria de Estado de Transportes
ONG – Organização Não Governamental	UBABEF – União Brasileira de Avicultura
Pa – Formação Pioneira com Influência Fluvial e/ou Lacustre	UNEP – <i>United Nations Environment Programme</i> (PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente)
PBT – Peso Bruto Total	UNFCCC – <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> (CQNUMC – Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)
PEMC – Política Estadual de Mudanças Climáticas	UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.	URE – Unidades de Recuperação de Enxofre
Pf – Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha	US - EPA – <i>United States Environmental Protection Agency</i>
PIB – Produto Interno Bruto	USP – Universidade de São Paulo
Pm – Formação Pioneira com Influência Marinha	UTE – Unidade Termelétrica
PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico	UTMUTF – Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF – <i>Land Use, Land-Use Change and Forestry</i>)
PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento	WSA – <i>World Steel Association</i> (Associação Mundial do Aço)
PPM – Produção Pecuária Municipal	
PROCLIMA – Programa de Mudanças Climáticas do Estado de São Paulo	
QAV – Querosene de Aviação	
Ref – Reflorestamento	

Lista de Símbolos

Al – Alumínio	N – Nitrogênio
C – Carbono	N ₂ – Nitrogênio Molecular
C ₆ H ₁₀ O ₄ – Ácido Adípico	N ₂ O – Óxido Nitroso
Ca – Cálcio	Na ₂ CO ₃ – Carbonato de Sódio, Barrilha
CaCO ₃ – Calcário	NH ₃ – Amônia
CaMg(CO ₃) ₂ – Dolomita	NMHC – Hidrocarbonetos Não Metano
CaO – Óxido de Cálcio	NMVOG – <i>Non - Methane Volatile Organic Compounds</i> (Compostos Orgânicos Voláteis Não Metanos)
CF ₄ – Perfluormetano	NO ₂ – Óxido Nítrico (Dióxido de Nitrogênio)
C ₂ F ₆ – Perfluoretano	NO _x – Óxido de Nitrogênio
C ₂ H ₄ – Eteno ou Etileno	O ₃ – Ozônio
C ₂ H ₄ Cl – Dicloroetano	P – Fósforo
C ₂ H ₄ O – Óxido de Eteno	PFC – Perfluorcarbonos
CFC – Clorofluorcarbonos (CFC-11, CFC-12, CFC-113)	R – Gás Refrigerante (R-502, R-600a-R404a)
CH ₄ – Metano	SF ₆ – Hexafluoreto de Enxofre
CH ₂ CHCl – Cloreto de Vinila (MVC)	SO ₂ – Dióxido de Enxofre
CH ₃ Cl – Cloreto de Metila	SO _x – Óxidos de Enxofre
CH ₃ OCH ₃ – Dimetil Éter	t – Tonelada
C ₄ H ₁₀ – Isobutano	tOE – Tonelada de Óleo Equivalente
Cl – Cloro	VOC – <i>Volatile Organic Compounds</i> (Compostos Orgânicos Voláteis)
CO – Monóxido de Carbono	
CO ₂ – Dióxido de Carbono	
CO _{2eq} – Gás Carbônico Equivalente/ Dióxido de Carbono Equivalente	
CTC – Tetracloro de Carbono	
Gg – Gigagrama	
GJ – Gigajoule	
ha – Hectare	
H ₂ – Hidrogênio	
HC – Hidrocarbonetos (HC-600a)	
HCFC – Hidroclorofluorcarbonos (HCFC-22, HCFC- 141b)	
H ₃ PO ₄ – Ácido Fosfórico	
HFC – Hidrofluorcarbono (HFC-134a)	
hl – Hectolitro	
HNO ₃ – Ácido nítrico	
M – Massa Molar	
Mcal – Megacaloria	
MCF – Metilclorofórmio	
Mg – Magnésio	
MgO – Óxido de Magnésio	
MP – Material Particulado	

Sumário

1 Introdução	45
1.1 Informações Importantes	47
1.2 Diretrizes	47
1.2.1 Comparabilidade	47
1.2.2 Consistência	48
1.2.3 Completude	48
1.2.4 Transparência e Controle de Qualidade	48
1.2.5 Precisão	49
2 Gases de Efeito Estufa	51
3 Setores Inventariados	55
3.1 Energia	57
3.1.1 Queima de Combustíveis: Abordagem de Referência (<i>Top-down</i>) e Abordagem Setorial (<i>Bottom-up</i>)	57
3.1.2 Refino e Transporte de Óleo e Derivados	57
3.1.3 Transportes	58
3.1.3.1 Transporte Aéreo	58
3.1.3.2 Transporte Ferroviário	58
3.1.3.3 Transporte Aquaviário	58
3.1.3.4 Transporte Rodoviário	58
3.2 Processos Industriais e Uso de Produtos	59
3.2.1 Produção de Cimento	59
3.2.2 Produção de Cal	59
3.2.3 Produção Química	59
3.2.4 Produção Metalúrgica	59
3.2.5 Produção de Alimentos e Bebidas	60
3.2.6 Produção de Vidro	60
3.2.7 Produção de Papel e Celulose	60
3.2.8 Uso de Solventes e Outros Produtos	60
3.2.8.1 Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade	60
3.2.8.2 Espumas	61
3.2.8.3 Aerossóis	61
3.2.8.4 Solventes	61
3.2.8.5 Refrigeradores e Ar-Condicionado	61
3.3 Agropecuária	61
3.3.1 Pecuária: Fermentação Entérica e Dejetos	62

3.3.2	Cultivo de Arroz Irrigado	62
3.3.3	Queima de Resíduos Agrícolas.....	62
3.3.4	Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos.....	62
3.3.5	Calagem	62
3.4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	62
3.5	Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos.....	63
4	Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE por Gás	65
4.1	Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono.....	67
4.2	Emissões de Metano	69
4.3	Emissões de Óxido Nitroso.....	72
4.4	Emissões de Hidrofluorcarbonos e Hexafluoreto de Enxofre.....	75
4.5	Emissões de CFC e HCFC	76
4.6	GEE Indiretos.....	78
4.7	Emissões de GEE em CO ₂ eq	79
4.7.1	Emissões dos GEE Não Controlados pelo Protocolo de Montreal.....	79
4.7.2	Emissões dos GEE Incluindo os Gases Controlados pelo Protocolo de Montreal.....	81
5	Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE por Setor	83
5.1	Energia.....	85
5.1.1	Características da Matriz Energética do Estado de São Paulo	85
5.1.2	Emissões de CO ₂ por Queima de Combustíveis Fósseis.....	89
5.1.2.1	Abordagem de Referência (<i>Top-down</i>)	89
5.1.2.2	Abordagem Setorial (<i>Bottom-up</i>)	91
5.1.3	Emissões de GEE Não CO ₂ e GEE Indiretos por Queima de Combustíveis	95
5.1.4	Refino e Transporte de Óleo e Derivados	97
5.1.5	Transportes	99
5.1.5.1	Transporte Aéreo.....	99
5.1.5.2	Transporte Ferroviário.....	103
5.1.5.3	Transporte Aquaviário	105
5.1.5.4	Transporte Rodoviário	106
5.1.5.5	Emissões Totais de GEE do Setor de Transportes.....	109
5.2	Processos Industriais e Uso de Produtos.....	111
5.2.1	Produção de Cimento.....	111
5.2.2	Produção de Cal.....	113
5.2.3	Produção Química	115
5.2.4	Produção Metalúrgica	122

5.2.5	Produção de Alimentos e Bebidas	124
5.2.6	Produção de Vidro	126
5.2.7	Produção de Papel e Celulose	127
5.2.8	Uso de Solventes e Outros Produtos	128
5.2.8.1	Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade	128
5.2.8.2	Espumas	129
5.2.8.3	Aerossóis	131
5.2.8.4	Solventes	132
5.2.8.5	Refrigeradores e Ar-Condicionado	133
5.2.9	Emissões totais de GEE do Setor de Processos Industriais	137
5.3	Agropecuária	142
5.3.1	Pecuária: Fermentação Entérica e Dejetos	142
5.3.2	Cultivo de Arroz Irrigado	145
5.3.3	Queima de Resíduos Agrícolas	147
5.3.4	Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos	148
5.3.5	Calagem	151
5.3.6	Emissões Totais de GEE do Setor Agropecuário	152
5.4	Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas	155
5.5	Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos	165
5.5.1	Disposição ou Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos	165
6	Referências	169
7	Anexos	175

Gráficos

Gráfico 1.	Emissões de GEE do Estado de São Paulo e do Brasil em 2005 (Gg_{CO_2eq})	xxx
Gráfico 2.	Emissões de GEE do Estado de São Paulo e do Brasil em 2005 (%)	xxx
Gráfico 3.	Fatores GTP-100 e GWP-100	54
Gráfico 4.	Emissões de CO_2 no Estado de São Paulo (Gg)	68
Gráfico 5.	Emissões de CO_2 no Estado de São Paulo (%)	68
Gráfico 6.	Emissões de CO_2 por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (92.762 Gg)	69
Gráfico 7.	Emissões de CO_2 por Setor em 2008 no Estado de São Paulo (99.034 Gg)	69
Gráfico 8.	Emissões de CH_4 no Estado de São Paulo (Gg)	70
Gráfico 9.	Emissões de CH_4 no Estado de São Paulo (%)	70
Gráfico 10.	Emissões de CH_4 por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (1.268 Gg)	70
Gráfico 11.	Emissões de CH_4 por Setor em 2008 no Estado de São Paulo (1.152 Gg)	70
Gráfico 12.	Emissões de CH_4 por Setor no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	71
Gráfico 13.	Emissões de N_2O no Estado de São Paulo (Gg)	73
Gráfico 14.	Emissões de N_2O no Estado de São Paulo (%)	73
Gráfico 15.	Emissões de N_2O por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (63 Gg)	73
Gráfico 16.	Emissões de N_2O por Setor no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	74
Gráfico 17.	Emissões de HFC e SF_6 no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	76
Gráfico 18.	Emissões de GEE Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	77
Gráfico 19.	Emissões Totais de GEE Indiretos no Estado de São Paulo (Gg)	78
Gráfico 20.	Emissões de GEE no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	79
Gráfico 21.	Emissões de GEE no Estado de São Paulo (%)	80
Gráfico 22.	Emissões de GEE por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (GTP)	80
Gráfico 23.	Emissões de GEE por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (GWP)	80
Gráfico 24.	Emissões de GEE, não incluindo os gases controlados pelo Protocolo de Montreal, por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (%)	81
Gráfico 25.	Emissões de GEE, incluindo os gases controlados pelo Protocolo de Montreal, na somatória de cada um dos setores inventariados em 2005, no Estado de São Paulo (%)	81
Gráfico 26.	Emissões de CO_2 pela queima de combustíveis fósseis no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2})	91
Gráfico 27.	Emissões de CO_2 do Setor de Energia por Subsetor em 2005 no Estado de São Paulo (71.136 Gg)	94
Gráfico 28.	Emissões de CO_2 do Setor de Energia por Subsetor em 2008 no Estado de São Paulo (77.233 Gg)	94
Gráfico 29.	Emissões de GEE do Setor de Energia por Setor do Estado de São Paulo (%)	97
Gráfico 30.	Consumo de QAV no Estado de São Paulo	102
Gráfico 31.	Emissões de GEE do Subsetor de Transporte Rodoviário por Tipo de Veículo no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	108
Gráfico 32.	Emissões de GEE no Transporte Rodoviário por Tipo de Veículo no Estado de São Paulo (%)	109
Gráfico 33.	Emissões totais de GEE do Subsetor de Transporte no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})	110

Gráfico 34. Emissões de GEE do Subsetor de Transporte em 2005 no Estado de São Paulo (43.065 Gg).....	110
Gráfico 35. Emissões de GEE do Subsetor de Transporte em 2008 no Estado de São Paulo (44.037 Gg).....	110
Gráfico 36. Produção de aço no Estado de São Paulo de 2005 a 2008 (Gg)	123
Gráfico 37. Emissões de GEE do Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq}).....	138
Gráfico 38. Emissões de GEE do Setor de Processos Industriais por Subsetor em 2005 no Estado de São Paulo (20.610 Gg)	139
Gráfico 39. Emissões de GEE do Setor de Processos Industriais por gas em 2005 no Estado de São Paulo (20.610 Gg)	139
Gráfico 40. Emissões de GEE por Subsetor dos Processos Industriais, inclusive os Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq}).....	141
Gráfico 41. Emissões de GEE no Setor de Processos Industriais Inferiores a 2.000 Gg _{CO2eq} no Estado de São Paulo	141
Gráfico 42. Evolução da Área Colhida de Arroz no Estado de São Paulo (ha).....	146
Gráfico 43. Emissões de GEE na Agropecuária no Estado de São Paulo (%)	153
Gráfico 44. Emissões de GEE na Agropecuária por Subsetor no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq})	154
Gráfico 45. Emissões de GEE na Agropecuária por Subsetor em 2005 no Estado de São Paulo (29.818 Gg _{CO2eq})	154
Gráfico 46. Emissões de GEE na Agropecuária por Subsetor em 2008 no Estado de São Paulo (27.423 Gg _{CO2eq})	154
Gráfico 47. Balanço da Média Anual de CO ₂ nos Períodos de 1994 a 2002, de 2002 a 2005 e 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg)	163
Gráfico 48. Emissões de CO ₂ no Período de 1994 a 2002 no Estado de São Paulo (16.293Gg).....	163
Gráfico 49. Emissões de CO ₂ no Período de 2002 a 2005 no Estado de São Paulo (1.216 Gg).....	164
Gráfico 51. Remoção de CO ₂ no Período de 1994 a 2002 no Estado de São Paulo (26.957 Gg).....	164
Gráfico 50. Emissões de CO ₂ no Período de 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (2.320 Gg).....	164
Gráfico 52. Remoção de CO ₂ no Período de 2002 a 2005 no Estado de São Paulo (12.969 Gg).....	164
Gráfico 53. Remoção de CO ₂ no Período de 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (12.166 Gg).....	165
Gráfico 54. Distribuição, por Unidade de Destino Final do Resíduo Coletado em 2000 no Estado de São Paulo	166
Gráfico 55. Emissões de GEE no Setor de Resíduos, por Subsetor, em 2005 no Estado de São Paulo (9.365 Gg) ..	167
Gráfico 56. Emissões de GEE no Setor de Resíduos, por Subsetor, em 2008 no Estado de São Paulo (9.219 Gg) .	167
Gráfico 57. Emissões Totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq}).....	168

Tabelas

Tabela 1.	Emissões e Remoções de GEE do Estado de São Paulo para os Anos de 1990, 1994, 2000, 2005 e 2008	xxvii
Tabela 2.	Emissões e Remoções de GEE no Brasil para os Anos de 1990, 1994, 2000 e 2005	xxviii
Tabela 3.	Razão Entre as Estimativas de Emissões de GEE no Estado de São Paulo e no Brasil	xxix
Tabela 4.	Emissões de GEE no Estado de São Paulo e no Brasil em 2005	xxix
Tabela 5.	Emissões de GEE (2005) e PIB do Brasil e do Estado de São Paulo	xxx
Tabela 6.	GTP-100 e GWP-100	53
Tabela 7.	Emissões de CO ₂ de acordo com os setores envolvidos no Estado de São Paulo (Gg)	67
Tabela 8.	Remoções de CO ₂ no Estado de São Paulo (Gg)	68
Tabela 9.	Emissões de CH ₄ por Setor no Estado de São Paulo (Gg)	69
Tabela 10.	Emissões de CH ₄ por Setor no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	71
Tabela 11.	Emissões de N ₂ O no Estado de São Paulo (Gg)	72
Tabela 12.	Emissões de N ₂ O no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	74
Tabela 13.	Emissões de HFC e SF ₆ no Estado de São Paulo (Gg)	75
Tabela 14.	Emissões de HFC e SF ₆ no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	75
Tabela 15.	Emissões de GEE Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg)	76
Tabela 16.	Emissões de GEE Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	77
Tabela 17.	Emissões Totais de GEE Indiretos (NO _x , CO e VOC) no Estado de São Paulo (Gg)	78
Tabela 18.	Emissões de GEE Não Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	79
Tabela 19.	Emissões por Fontes de GEE em CO ₂ eq Convertidas por Meio das Métricas GTP e GWP, em 2005, por Setor, no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	80
Tabela 20.	Oferta Interna Bruta de Energia, por Fonte (tOE)	85
Tabela 21.	Consumo Final de Energia, por Fonte e por Setor no Estado de São Paulo	87
Tabela 22.	Emissões de CO ₂ da Queima de Combustíveis Fósseis no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂})	90
Tabela 23.	Emissões de CO ₂ da Queima de Combustíveis Fósseis no Estado de São Paulo por tipo de combustível (Gg _{CO₂})	92
Tabela 24.	Emissões de CO ₂ da Queima de Combustíveis Fósseis do Estado de São Paulo por Atividade (Gg _{CO₂})	93
Tabela 25.	Emissões de CO ₂ da Queima de Combustíveis Fósseis estimadas pelas Abordagens de Referência (<i>Top-down</i>) e Setorial (<i>Bottom-up</i>) no Estado de São Paulo	94
Tabela 26.	Emissões de CH ₄ , N ₂ O, NO _x , CO e VOC no Estado de São Paulo (Gg)	95
Tabela 27.	Emissões de GEE da Queima de Combustíveis pela Abordagem Setorial no Estado de São Paulo por Subsetor de Atividade (Gg _{CO₂eq})	96
Tabela 28.	Emissões de GEE da Combustão no Estado de São Paulo (Gg)	98
Tabela 29.	Emissões de GEE de Fugitivas no Estado de São Paulo (Gg)	99
Tabela 30.	Emissões totais de GEE da Combustão e Fugitivas no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	99
Tabela 31.	Consumo de Combustível para Aviação no Estado de São Paulo (tOE)	101

Tabela 32.	Emissões de GEE do Transporte Aéreo no Estado de São Paulo (Gg).....	102
Tabela 33.	Dados de Consumo de Energia do Transporte Ferroviário no Estado de São Paulo (kcal).....	104
Tabela 34.	Emissões de GEE do Transporte Ferroviário no Estado de São Paulo (Gg).....	104
Tabela 35.	Dados de Consumo de Energia do Transporte Aquaviário no Estado de São Paulo (kcal).....	105
Tabela 36.	Emissões de GEE do Transporte Aquaviário no Estado de São Paulo (Gg).....	106
Tabela 37.	Emissões de GEE do Transporte Rodoviário por Tipo de Veículo no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq}) .	108
Tabela 38.	Emissões Totais de GEE do Subsetor de Transporte no Estado de São Paulo (Gg).....	109
Tabela 39.	Emissões Totais de GEE do Subsetor de Transporte no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq})	110
Tabela 41.	Produção de Cimento e Clínquer no Estado de São Paulo	112
Tabela 42.	Emissões de CO ₂ da Produção de Cimento pelo Processo de Descarbonatação no Estado de São Paulo (Gg)	112
Tabela 40.	Dados para Fator de Emissão de Carbono Orgânico Contido na Matéria-Prima - (FE _{MO}).....	112
Tabela 43.	Classificação dos Produtores de Cal da ABPC	113
Tabela 44.	Produção de Cal Virgem e Hidratada no Estado de São Paulo (Gg).....	114
Tabela 45.	Emissões de CO ₂ da Produção de Cal no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq})	114
Tabela 46.	Produção de Ácido Adípico e Emissões de N ₂ O no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (t).....	115
Tabela 47.	Produção de Ácido Fosfórico e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)	116
Tabela 48.	Produção de Ácido Nítrico e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg).....	117
Tabela 49.	Produção de Amônia e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg).....	117
Tabela 50.	Produção de Dicloroetano e Cloreto de Vinila e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)	118
Tabela 51.	Produção de Eteno e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg).....	119
Tabela 52.	Produção de Negro de Fumo e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)	120
Tabela 53.	Produção de Óxido de Eteno e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)	120
Tabela 54.	Emissões Totais de GEE na Indústria Química, por Subsetor, de 1990 a 2005 no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq})	121
Tabela 55.	Emissões do Subsetor Indústria Química no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg).....	121
Tabela 56.	Emissões do Subsetor de Indústria Química no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg _{CO2eq})	122
Tabela 57.	Produção de Aço e Sínter no Estado de São Paulo, de 2005 a 2008 (Gg).....	123
Tabela 58.	Produção de Alumínio no Estado de São Paulo (t).....	124
Tabela 59.	Emissões totais de GEE do Subsetor Metalúrgico no Estado de São Paulo (Gg _{CO2eq})	124
Tabela 60.	Dados Primários da Produção de Alimentos no Estado de São Paulo (Gg).....	125
Tabela 61.	Estimativa dos Dados Primários da Produção de Bebidas no Estado de São Paulo (hl).....	125
Tabela 62.	Emissões Atmosféricas do Subsetor de Alimentos e Bebidas no Estado de São Paulo (Gg).....	126
Tabela 63.	Dados da Produção de Vidro no Estado de São Paulo (Gg).....	126
Tabela 64.	Emissões de NMVOC e CO ₂ da Produção de Vidro no Estado de São Paulo (Gg).....	127
Tabela 65.	Estimativa da Produção de Celulose (sulfato) do Estado de São Paulo (Gg)	128
Tabela 66.	Emissões Atmosféricas no Subsetor de Papel e Celulose no Estado de São Paulo (Gg)	128

Tabela 67.	Emissões de SF ₆ de Equipamentos Elétricos no Estado de São Paulo (Gg)	129
Tabela 68.	Emissões de GEE do Subsetor de Espumas no Estado de São Paulo (Gg)	130
Tabela 69.	Estimativa do Consumo de CFC-11 e CFC-12 em Aerossóis no Brasil (t)	132
Tabela 70.	Emissões do Subsetor de Aerossóis no Estado de São Paulo (Gg)	132
Tabela 71.	Estimativa de Consumo de CFC-113 do Subsetor de Solventes no Estado de São Paulo, de 1990 a 2000 (t)	133
Tabela 72.	Emissões de CFC-113 do Subsetor de Solventes no Estado de São Paulo (Gg)	133
Tabela 73.	Emissões de GEE do Subsetor de Refrigeradores e Ar-Condicionado no Estado de São Paulo (Gg)	136
Tabela 74.	Emissões de GEE do Subsetor de Refrigeração e Ar-Condicionado no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	136
Tabela 75.	Emissões de GEE no Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg)	137
Tabela 76.	Emissões Totais de GEE no Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	138
Tabela 78.	Emissões de GEE, inclusive os Controlados pelo Protocolo de Montreal, dos Setores de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	140
Tabela 79.	População de Animais no Estado de São Paulo (10 ³ animais)	143
Tabela 80.	Emissões de CH ₄ da Pecuária Provenientes da Fermentação Entérica no Estado de São Paulo (Gg)	144
Tabela 81.	Emissões de CH ₄ da Pecuária Provenientes de Sistemas de Manejo de Dejetos Animais no Estado de São Paulo (Gg)	145
Tabela 82.	Emissões de CH ₄ pelo cultivo de Arroz de Várzea e Irrigado por Inundação no Estado de São Paulo de 1990 a 2008 (Gg)	147
Tabela 83.	Emissões Atmosféricas da Queima de Resíduos de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo (Gg)	148
Tabela 84.	Emissões de N ₂ O pelos Sistemas de Manejo de Dejetos no Estado de São Paulo (Gg)	150
Tabela 85.	Emissões de N ₂ O Diretas e Indiretas no Estado de São Paulo (Gg)	150
Tabela 86.	Quantidade de Calcário na Agricultura no Estado de São Paulo (Gg)	151
Tabela 87.	Emissões de CO ₂ na Calagem no Estado de São Paulo (Gg)	151
Tabela 88.	Emissões Totais de GEE da Agropecuária no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	152
Tabela 89.	Emissões Totais de GEE da Agropecuária no Estado de São Paulo (Gg)	152
Tabela 90.	Emissões de GEE da Agropecuária por Subsetor no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq})	153
Tabela 91.	Categorias de Uso da Terra	155
Tabela 92.	Conteúdo de Carbono das Fisionomias Vegetais no Bioma Mata Atlântica Presentes no Estado de São Paulo	157
Tabela 93.	Conteúdo de Carbono das Fisionomias Vegetais no Bioma Cerrado Presentes no Estado de São Paulo	158
Tabela 94.	Estoque de Carbono no Solo (kg _C .m ⁻²)	158
Tabela 95.	Área Reflorestada no Estado de São Paulo (ha)	159
Tabela 96.	Estoque Médio de Carbono em Pastagem Plantada, Agricultura Anual e Agricultura Perene (t _C .ha ⁻¹)	159
Tabela 97.	Estoque Médio de Carbono e Incremento Médio Anual de Carbono em Área Agrícola (t _C .ha ⁻¹)	159
Tabela 99.	Matriz com as Transições Observadas	160
Tabela 100.	Emissões Líquidas Totais de CO ₂ de 1994 a 2002 no Estado de São Paulo (Gg)	161
Tabela 101.	Emissões Líquidas Totais de CO ₂ de 2002 a 2005 no Estado de São Paulo (Gg)	162

Tabela 102. Emissões Líquidas Totais de CO ₂ de 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg).....	162
Tabela 103. Emissões Totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes no Estado de São Paulo (Gg).....	167
Tabela 104. Emissões Totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq}).....	168
Tabela 105. Emissões de Resíduos e Efluentes por Tipo de Destinação no Estado de São Paulo (Gg _{CO₂eq}).....	168

Figura

Figura 1. Malha ferroviária do Estado de São Paulo.....	103
---	-----

1

Introdução

1 Introdução

Devido ao aumento crescente das concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera e às consequências das alterações climáticas, em diversas partes do mundo, governos têm adotado medidas para estimar as emissões antrópicas desses gases.

Nesse sentido, o Estado de São Paulo, em 09 de novembro de 2009, instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas¹² (PEMC), lei que no seu Artigo 2º define o compromisso do Estado frente ao desafio das mudanças climáticas e o objetivo de contribuir para reduzir ou estabilizar a concentração dos GEE na atmosfera (SÃO PAULO, 2009a).

Esse Inventário é o resultado de uma cooperação entre a CETESB e o Governo Britânico. Nele estão estimadas as emissões de GEE e GEE Indiretos de acordo com os respectivos setores da economia.

1.1 Informações Importantes

De acordo com a Seção V (Das Diretrizes), Artigo 6º, Inciso I da PEMC, o Poder Público tem como diretriz elaborar, atualizar periodicamente e colocar à disposição pública inventário de emissões antrópicas, discriminada por fontes, e das remoções por meio de sumidouros, dos GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal, com o emprego de metodologias comparáveis nacional e internacionalmente.

Esse Inventário faz parte da Comunicação Estadual, também definida pela PEMC. De acordo com o Artigo 28 da Lei 13.798/2009, coube ao Poder Executivo, por intermédio da CETESB, sistematizar e coordenar o Inventário de emissões antrópicas (SÃO PAULO, 2010).

1.2 Diretrizes

O Inventário das Emissões de GEE do Estado de São Paulo foi desenvolvido com referência nas diretrizes do Inventário Brasileiro, elaborado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), descritas a seguir:

1.2.1 Comparabilidade

De forma a gerar uma estimativa comparável à estimativa nacional e a outras inter-

nacionais e subnacionais, foram utilizados os métodos do IPCC *"Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"* - Guidelines 1996, publicado em 1997; o documento *"Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories"*- Good Practice Guidance 2000, publicado em 2000 e o documento *"Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry"*- Good Practice Guidance 2003, publicado em 2003. Algumas das estimativas já levam em conta informações, como, por exemplo, fatores de emissão (FE), publicadas no *"2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"* - Guidelines 2006.

Da mesma forma, a sequência da apresentação dos dados e resultados deste documento segue a Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2010a).

De todo o Inventário, apenas as informações relativas às emissões de CFC e HCFC não devem encontrar paralelo na Segunda Comunicação Nacional do Brasil. Estimar as emissões desses gases foi uma decisão da coordenação do Inventário de GEE no Estado de São Paulo, pois além de destruir a camada de ozônio, contribuem também para o aumento da concentração de GEE.

12. A PEMC é definida pela Lei Estadual 13.798 de novembro de 2009 e regulamentada pelo Decreto Estadual 55.947 de junho de 2010.

1.2.2 Consistência

Tendo como premissa que os dados de atividade e fatores de emissão são os mais adequados ao método de estimativa, a consistência dos resultados pode ser verificada ao longo do tempo. A observação da variação anormal dos resultados (por exemplo: 50% a mais ou a menos de um ano para o outro) indica a necessidade de verificação na consistência dos dados, fatores de emissão ou processamento.

O período cujas emissões foram estimadas vai do ano de 1990 até 2008. Nesse intervalo, a variação das estimativas das emissões permite compreender os fatos associados aos setores. As variações das emissões ocorrem em função do nível de atividade econômica e dos fatores de emissão que podem indicar mudanças na tecnologia de produção.

A esse respeito, a série histórica de 1990 a 2008 foi representada adequadamente nos Setores de Energia, Agropecuária e Resíduos. Os resultados da estimativa do Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (UTMUTF) vão de 1995 a 2008. Os anos anteriores não foram estimados, por razões técnicas, dentre elas falta de acesso aos dados. Os resultados da estimativa do Setor Industrial foram influenciados pelos resultados dos Subsetores de Produções Metalúrgica e Química. O Subsetor de Química apresenta resultados desde 1990 até 2005. O Subsetor de Produção Metalúrgica apresenta resultados desde 2005 até 2008. Além disso, o emprego de substâncias na Refrigeração, Ar-condicionado, Solventes e Aerossóis não se estende por todo o período considerado. Dentro do período de 1990 a 2008, observa-se grande variação no emprego de substâncias em diferentes momentos. Dessa forma, esses últimos inventários, principalmente os do Setor Industrial, devem ser complementados no futuro.

1.2.3 Completude

O Inventário do Estado de São Paulo, elaborado em consonância com a Segunda Comunicação Nacional do Brasil, adotou os dados de atividade da economia do Estado de São Paulo. Adicionalmente, empregou fatores de emissão mais adequados à realidade local. Nesse sentido, as emissões devidas à mineração de carvão, por exemplo, não foram estimadas, pois essa atividade não ocorre no Estado de São Paulo. Por outro lado, foram incluídas as estimativas das emissões de CFC e os HCFC. No Inventário Estadual, portanto, as emissões dos principais gases diretos, dos indiretos e também parte dos que são controlados pelo Protocolo de Montreal, emitidos pelos setores mais relevantes da economia, foram estimadas.

1.2.4 Transparência e Controle de Qualidade

A transparência e o controle de qualidade deste documento foram construídos ao longo dos três anos de desenvolvimento do projeto. Foram realizadas oito reuniões de coordenação técnica sempre abertas, com memórias e registros de participantes disponíveis na página de *internet* da CETESB. Essas reuniões técnicas e os Relatórios de Referência, ao final do processo, contaram com a participação de 320 colaboradores e 120 entidades, tais como universidades, órgãos governamentais, Organizações Não Governamentais (ONGs) e empresas em geral.

Com relação à transparência, este documento é a síntese do conjunto dos Relatórios de Referência de todas as atividades da economia consideradas pelo IPCC, desenvolvidos a partir dos métodos já citados. A interpretação dos métodos, que inclui as árvores de decisões¹³, os dados de atividade, os fatores de emissão e as equações, foi registrada

13. As árvores de decisões são recursos metodológicos empregados para definir, de acordo com o método do IPCC, o nível de rigor a ser empregado na estimativa.

nos referidos Relatórios que se encontram na página de *internet* da CETESB¹⁴. Foram empregados dados da base estatística estadual, nacional e internacional, todos citados de acordo com a NBR 10520/2002 e a NBR 6023/2002. Os dados de atividade e fatores de emissão obtidos de fontes não publicadas foram devidamente identificados, permitindo a sua verificação.

Com respeito ao controle de qualidade, os Relatórios de Referência permaneceram por um período de cerca de dez meses em Consulta Pública, divulgados na página de *internet* da CETESB, recebendo contribuições das mais diversas.

1.2.5 Precisão

Este Inventário buscou obter os resultados mais precisos possíveis das estimativas de emissões e sumidouros de GEE, visando a redução de incertezas. Este Inventário visa representar a realidade das emissões o mais fielmente possível.

14. www.cetesb.sp.gov.br/geesp

2

Gases de Efeito Estufa

2 Gases de Efeito Estufa

Como determina a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), o inventário nacional deve incluir as emissões e remoções antrópicas de GEE. Assim, do mesmo modo como o Inventário Brasileiro, o Inventário do Estado de São Paulo estima as emissões dos seguintes GEE: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonos (HFC), os perfluorcarbonos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). Outros gases, como o monóxido de carbono (CO), o óxido de nitrogênio (NO_x) e os compostos orgânicos voláteis (VOC), mesmo não sendo GEE Diretos, possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera, e por isso, informações sobre as emissões antrópicas desses gases foram incluídas. Acrescentando dados em relação ao Inventário Brasileiro, este documento inclui as emissões de clorofluorcarbono (CFC) e de hidroclorofluorcarbono (HCFC)¹⁵, que ao mesmo tempo em que destroem a camada de ozônio, possuem alto Potencial de Aquecimento Global (GWP) contribuindo para o agravamento das mudanças climáticas.

O GWP é a medida do efeito radiativo em um determinado horizonte de tempo, ocasionado pela emissão de uma massa de GEE em relação à emissão de uma massa equivalente de CO_2 . A anotação dessa massa equivalente tem o formato $[\text{Gg}_{\text{CO}_2\text{eq}}]$. O GWP pode ser calculado para diferentes horizontes de tempo. Os fatores empregados neste documento consideram o horizonte de 100 anos. De acordo com o IPCC, algumas medidas em GWP apresentam incertezas, particularmente para alguns gases cujos dados laboratoriais detalhados não estão ainda disponíveis (IPCC, 2001).

O GTP, ou Potencial de Temperatura Global, é uma alternativa ao GWP que mede a variação da temperatura média da superfície global em um determinado horizonte de tempo,

ocasionada pela emissão de uma massa de GEE em relação à emissão de uma massa equivalente de CO_2 (IPCC, 2007). Assim como o GWP, a anotação dessa massa equivalente tem o formato $[\text{Gg}_{\text{CO}_2\text{eq}}]$.

De acordo com o IPCC (2007), a métrica GTP teria vantagem sobre o GWP, pois o primeiro é mais diretamente relacionado à mudança de temperatura na superfície. No entanto, o IPCC não invalida o conceito de GWP ou fornece orientação para que este seja substituído pelo GTP.

Esse estudo adota a medida GWP por ser condizente com a referência do IPCC. Todas as medidas cuja unidade é dada em $\text{Gg}_{\text{CO}_2\text{eq}}$ tem como referência o GWP. Todavia, foi apresentada também a medida em GTP para permitir a comparação e a avaliação de possíveis diferenças nos resultados das estimativas dos GEE.

Para os GEE Indiretos, o resultado do efeito de força radiativa também foi estimado pelo IPCC para alguns gases, incluindo o CO . Entretanto, neste relatório, a utilização do GWP deu-se somente nos GEE. Eles são apresentados na Tabela 6 e no Gráfico 3 de acordo com os gases avaliados neste Inventário.

Tabela 6. GTP-100 e GWP-100

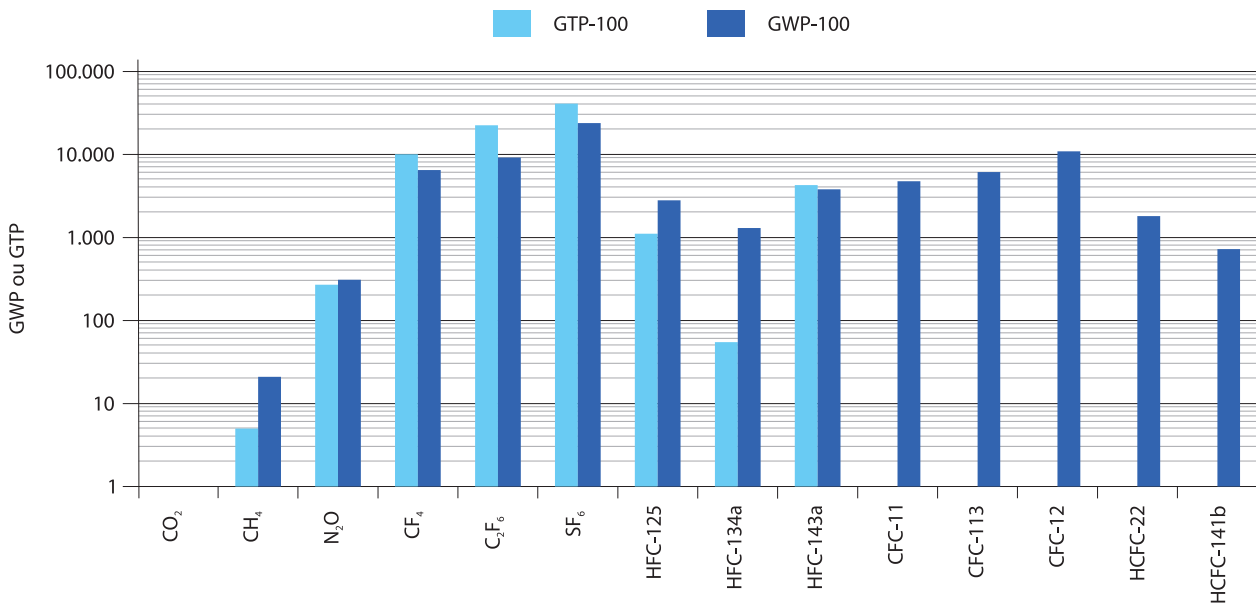
Gás	GTP-100	GWP-100
CO_2	1	1
CH_4	5	21
N_2O	270	310
CF_4	10.052	6.500
C_2F_6	22.468	9.200
SF_6	40.935	23.900
HFC-125	1.113	2.800
HFC-134a	55	1.300
HFC-143a	4.288	3.800
CFC-11		4.750
CFC-113		6.130
CFC-12		10.900
HCFC-22		1.810
HCFC-141b		725

Nota: o GTP e o GWP apresentados são para um horizonte de 100 anos.

Fonte: IPCC (2000b, 2007)

15. Controlados pelo Protocolo de Montreal.

Gráfico 3. Fatores GTP-100 e GWP-100



Nota: o GTP e o GWP apresentados são para um horizonte de 100 anos.

3

Setores Inventariados

3 Setores Inventariados¹⁶

Segundo a estrutura apresentada pelo IPCC, o Inventário divide-se nos seguintes Setores: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos; Agropecuária; Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas; Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos. Esses serão apresentados com maiores detalhes no decorrer deste capítulo, assim como os resultados obtidos.

3.1 Energia¹⁷

Neste Setor são estimadas todas as emissões antrópicas devidas à produção, transformação e ao consumo de energia. Isso inclui tanto as emissões resultantes da queima de combustíveis quanto as de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo de energia (BRASIL, 2010a).

3.1.1 Queima de Combustíveis: Abordagem de Referência (*top-down*) e Abordagem Setorial (*bottom-up*)

Nesse Subsetor estão incluídas as emissões de CO₂ por oxidação do carbono contido nos diferentes combustíveis durante a sua queima para geração de outras formas de energia, como eletricidade, calor ou energia mecânica. São contabilizadas também as emissões de outros GEE durante o processo de combustão, como o CH₄ e o N₂O, bem como o CO, o NO_x e os VOC.

As emissões de CO₂ dos combustíveis de biomassa como lenha, carvão vegetal, álcool e bagaço não foram incluídas nessa estimativa. De acordo com o IPCC (1996, 2000a), as emissões dos combustíveis de origem renovável não geram emissões líquidas e as

emissões associadas à parcela não renovável são incluídas no Setor Uso da Terra, Mudança do e Florestas. As demais emissões de GEE dos combustíveis de biomassa são consideradas conforme recomenda o IPCC.

O método *top-down* considera apenas a oferta de energia no país, sem o detalhamento sobre como essa energia é consumida para estimar as emissões de CO₂. O método *bottom-up* identifica onde e como ocorrem as emissões (BRASIL, 2010a). As mesmas considerações foram feitas neste Inventário Estadual, empregando para este fim os dados do Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP) (SÃO PAULO, 2009d).

3.1.2 Refino e Transporte de Óleo e Derivados

Nesse Subsetor, são incluídas as emissões de GEE durante o processo de transporte e processamento de petróleo, gás natural e carvão mineral.

As emissões associadas ao petróleo e ao gás natural incluem as fugas de CH₄ durante o transporte e distribuição em dutos e navios e durante seu processamento nas refinarias. São também consideradas as emissões de CO₂ por combustão não útil (*flaring*) nas unidades de refinaria (PETROBRAS, 2011).

16. Observando o Artigo 7º da Lei 13.798/2009, o Inventário de Emissões é discriminado por Fontes de Emissão e Remoção por Sumidouros de GEE, de acordo com a estrutura prevista em Lei. Assim, os Setores Inventariados foram os de (1) Energia, (2) Processos Industriais, incluindo o Uso de Solventes e Outros Produtos, (3) Agropecuária e (4) Resíduos. Além desses previstos pela Lei, os métodos do IPCC (1996, 2000a e 2006) consideram o Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas, que foi incluído no documento. Tais alterações visam a adequação do documento ao método do IPCC adotado tanto nacional quanto internacionalmente.

17. Observando o Artigo 7º da Lei 13.798/2009, o Inventário de Emissões do Setor de Energia é composto pelos Subsetores previstos no texto legal, acrescido de outros, que complementam o conjunto de informações, ficando da seguinte forma: Queima de Combustíveis: Abordagem de Referência (*top-down*) e Abordagem Setorial (*bottom-up*); Refino e Transporte de Óleo e Derivados; Transporte Aéreo; Transporte Ferroviário; Transporte Aquaviário; e Transporte Rodoviário. Tais alterações visam a adequação do documento ao método do IPCC adotado tanto nacional quanto internacionalmente.

3.1.3 Transportes

No Setor de Transportes, foram inventariados o transporte Aéreo, Ferroviário, Aquaviário e Rodoviário do estado.

3.1.3.1 Transporte Aéreo

Neste Inventário, são abordadas as emissões de GEE e poluentes relativas à aviação civil do Estado de São Paulo, incluindo todas as viagens com a finalidade de uso comercial como transporte de passageiros ou cargas; são consideradas as viagens internacionais, interestaduais e domésticas, compreendendo os voos regulares e fretados, inclusive o táxi aéreo e a aviação geral (aviões agrícolas, aeronaves particulares e helicópteros) (IMT, 2011a).

Os gases emitidos pelos motores das aeronaves são compostos por aproximadamente 70% de CO₂, pouco menos de 30% de vapor de água e menos de 1% de NO_x, CO, SO_x, MP¹⁸ e traços de outros compostos. As turbinas mais modernas emitem pequena ou nenhuma quantidade de N₂O (IPCC, 2006 apud IMT 2011a).

3.1.3.2 Transporte Ferroviário

Atualmente, o sistema ferroviário do Estado de São Paulo apresenta uma malha de aproximadamente 5.000 km, ligando regiões do interior e de outros estados à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e ao Porto de Santos.

Neste Inventário, não foram estimadas as emissões de GEE do transporte ferroviário metropolitano, uma vez que este Setor consome apenas eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN), cujas emissões são apresentadas no Inventário do Setor de Energia. A malha ferroviária para o transporte de carga foi privatizada, porém sob controle

federal e tendo o governo do Estado de São Paulo ação muito limitada sobre o Setor. Isso dificultou a obtenção dos melhores dados de atividade e fatores de emissão (SÃO PAULO, 2009c).

As estimativas das emissões de GEE (CO₂, CH₄ e N₂O) foram baseadas no consumo de combustível de óleo diesel e óleo combustível, apresentados no BEESP.

Estas estimativas não consideraram dados de origem e destino das viagens e, consequentemente, detalhes de definição da alocação das emissões no Estado de São Paulo. Não foram consideradas as emissões de CH₄ e N₂O provenientes da queima de óleo combustível por não haver fatores de emissão específicos do país ou do estado, e nem mesmo fatores de emissão *default*¹⁹ do IPCC (CETESB, 2011h).

3.1.3.3 Transporte Aquaviário

No Subsetor de Transporte Aquaviário, os principais impactos ambientais estão relacionados aos empreendimentos portuários e às embarcações. O Estado de São Paulo apresenta Transporte Aquaviário por navegação interior (hidrovias e terminais), lacustres e fluviais, travessias e dois portos marítimos (SÃO PAULO, 2007 apud CETESB, 2011g).

Este Inventário estimou as emissões de CO₂, CH₄ e N₂O, decorrentes do consumo de combustíveis fósseis no Transporte Aquaviário (CETESB, 2011g).

3.1.3.4 Transporte Rodoviário

O Subsetor de Transporte Rodoviário inclui todos os tipos de veículos equipados com motor a combustão, passíveis de licenciamento para circular nas vias públicas: os automóveis, as motocicletas, os caminhões e os ônibus. Não fazem parte do escopo as

18. Material Particulado (MP), Óxido de Enxofre (SO_x).

19. *Default*: de acordo com o dicionário de língua portuguesa: padrão (HOUAISS, 2010).

máquinas e os equipamentos de construção, agrícolas e de uso especial (IMT, 2011b).

Os GEE inventariados neste Subsetor são o CO₂, o CH₄ e o N₂O e os GEE Indiretos, como o CO, os NO_x e os VOC.

3.2 Processos Industriais e Uso de Produtos²⁰

São considerados os seguintes Subsetores do Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos: Produção de Cimento, de Cal, Química, Metalúrgica, de Alimentos e Bebidas, de Vidro, de Papel e Celulose, e Uso de Solventes e Outros Produtos, o que inclui as Emissões Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade, Fabricação e Uso de Espumas, Uso de Aerossóis, Uso de Solventes e Agentes de Limpeza e Refrigeração e Ar-Condicionado. Nos Processos Industriais e Uso de Produtos, são estimadas as emissões antrópicas resultantes dos processos produtivos da indústria, que não são resultado da queima de combustíveis, estas últimas relatadas no Setor de Energia (BRASIL, 2010a).

3.2.1 Produção de Cimento

A emissão de CO₂ oriunda da fabricação de cimento ocorre, em sua maior parte (90%), durante a produção do clínquer (material intermediário do cimento), seja na calcinação/descarbonatação da matéria-prima, seja com a queima de combustíveis no interior do forno. As emissões restantes resultam do transporte de matérias-primas do consumo de energia elétrica nas fábricas (CETESB; SNIC; ABCP, 2011).

Foram estimadas as emissões do processo de descarbonatação do calcário, que ocorrem no forno de calcinação para fabricação do clínquer. As emissões da queima de combustíveis no interior do forno são abordadas

nos relatórios referentes ao Setor Energia, segundo o método do IPCC (SNIC; ABCP, 2010).

3.2.2 Produção de Cal

Neste Subsetor, estão incluídas as emissões que ocorrem pela calcinação de calcário (CaCO₃) e dolomita (CaMg(CO₃)₂), bem como as emissões resultantes da produção e consumo de carbonato de sódio (Na₂CO₃) ou barrilha. Na indústria do vidro, siderúrgica e na produção de magnésio (Mg) também ocorrem emissões de CO₂ por calcinação de calcário e dolomita (BRASIL, 2010a).

Na produção de Na₂CO₃, podem ocorrer emissões de CO₂ dependendo do processo produtivo, não sendo o caso no Brasil. Mas durante o consumo de Na₂CO₃ em outras indústrias, como a do vidro, ocorre a emissão de CO₂ (BRASIL, 2010a).

3.2.3 Produção Química

Neste Subsetor, as emissões mais significativas são: as de CO₂, resultantes da produção de amônia (NH₃), as de N₂O e NO_x durante a produção de ácido nítrico (HNO₃) e as de N₂O, CO e NO_x resultantes da produção de ácido adípico (C₆H₁₀O₄) são as mais importantes. Pode ocorrer também a emissão de VOC, na indústria petroquímica, durante a produção de outros produtos químicos (BRASIL, 2010a).

3.2.4 Produção Metalúrgica

Este Subsetor inclui as siderúrgicas e ferroligas, onde ocorrem emissões de CO₂ durante o processo de redução do minério de ferro, e a indústria de alumínio, onde ocorrem emissões de perfluormetano (CF₄), perfluoretano (C₂F₆), CO₂, CO e NO_x. Outras emissões relativas à siderurgia são relatadas no Setor

20. Observando o Artigo 7º da Lei 13.798/2009, os Inventários de Emissões dos Setores de Processos Industriais e de Uso de Solventes e Outros Produtos foram elaborados e reunidos no Setor de Processos Industriais e Uso de Produtos. Este é composto pelos Subsetores previstos no texto legal, acrescido de outros, que complementam o conjunto de informações. Tais alterações visam a adequação do documento ao método do IPCC adotado tanto nacional quanto internacionalmente.

de Energia (produção de energia elétrica) e no Setor de Produção de Cal (produção de cal, uso de calcário e dolomita) (BRASIL, 2010a).

Na indústria de alumínio, ocorrem emissões de CO₂ durante o processo de eletrólise. Pode ocorrer a emissão de outros GEE, os CF₄ e C₂F₆ se houver um aumento rápido de diferença de tensão, gerado pela diminuição do óxido de alumínio na cuba de produção. Dependendo da tecnologia empregada, podem ocorrer também, emissões de CO e NOx (BRASIL, 2010a).

As emissões da produção de aço, estimadas pelo Instituto Aço Brasil (CETESB; IABr; IMT, 2011), observam o método da Associação Mundial do Aço (WSA) e incluem as emissões de GEE referentes ao escopo²¹ 1, e todas as etapas listadas a seguir: sinterização, coqueria, calcinação, alto-forno, aciaria e central termelétrica.

Não foram incluídos outros processos metalúrgicos no Inventário deste Subsetor no Estado de São Paulo.

3.2.5 Produção de Alimentos e Bebidas

De acordo com o IPCC (1996, 2000a), no Subsetor de Produção de Alimentos e Bebidas, ocorrem emissões de VOC durante os processos de transformação a partir de produtos primários, como por exemplo, a produção de açúcar, ração animal e cerveja (BRASIL, 2010a). Apenas estas emissões foram estimadas.

3.2.6 Produção de Vidro

Segundo IPCC (1996, 2000a) apud CETESB (2011f), as principais matérias-primas utilizadas como fonte de carbonato na indústria de vidro que emitem CO₂ durante o processo de fusão são o calcário (CaCO₃), a dolomita (CaMg(CO₃)₂) e a barrilha (Na₂CO₃). São consi-

deradas também as emissões de VOC, um GEE Indireto. O aumento dessas emissões atmosféricas está diretamente relacionado ao aumento da Produção de Vidro.

3.2.7 Produção de Papel e Celulose

O Subsetor de Produção de Papel e Celulose gera emissões durante o tratamento a que é submetida a polpa da madeira. Contudo, as emissões dependem do tipo de matéria-prima utilizada e da qualidade do produto que se deseja obter. No Brasil, é utilizado, principalmente, o eucalipto como fonte de celulose e as emissões que ocorrem são de CO, NOx e VOC (BRASIL, 2010a).

3.2.8 Uso de Solventes e Outros Produtos

O Uso de Solventes e Outros Produtos implica na emissão de vários GEE. As atividades que correspondem a estas emissões são: Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade, Espumas, Aerossóis, Solventes e Agentes de Limpeza, e Refrigeradores e Ar-Condicionado.

3.2.8.1 Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade

O SF₆ substitui o óleo no isolamento elétrico dos disjuntores dos transformadores. Trata-se de um gás não tóxico e refrigerante, não inflamável, que permitiu o desenvolvimento de equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho, mais compactos e seguros.

O SF₆ não é produzido no Brasil. Dessa forma, as emissões informadas no Inventário devem-se apenas a vazamentos nos equipamentos instalados no país (BRASIL, 2010a).

21. Identifica a abrangência do Inventário.

3.2.8.2 Espumas

A indústria de fabricação de Espumas é composta por quatro Subsetores: espumas rígidas, flexíveis, moldadas e de poliestireno. Os principais gases estimados foram: o CFC-11, o HCFC-141b e o HFC-134a (IMT, 2011c).

Devido à grande variedade de aplicação, vários segmentos da indústria utilizam Espumas como parte de seus produtos. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2007 apud IMT, 2011c), são eles: o automobilístico, o moveleiro, a construção civil, a refrigeração e o de embalagens.

A estimativa desenvolvida neste Inventário considera, conforme recomenda o IPCC (2006), as emissões devidas à fabricação e ao uso.

3.2.8.3 Aerossóis

De acordo com o IMT (2011c), desde o início da produção de Aerossóis, diversos propelentes foram utilizados, tais como o CO₂, cloreto de metila (CH₃Cl), dimetil éter (CH₃OCH₃), isobutano (C₄H₁₀) e cloreto de vinila (C₂H₃Cl). Com o avanço da indústria química, o uso de propelentes sintéticos, em substituição aos anteriores, foi um dos fatores essenciais para a produção em massa de aerossóis e para a consolidação da sua aplicação em produtos cosméticos e medicinais. Este Inventário estima as emissões de CFC-11, CFC-12 pelo uso de aerossóis.

3.2.8.4 Solventes

A maior parte dos Solventes utilizados no Brasil é derivada do refino do petróleo ou

do processamento da nafta. Esses, por sua vez, são matéria-prima para as indústrias de adesivos, artefatos de borracha, cosméticos, defensivos agrícolas, detergentes, explosivos, embalagens, especialidades químicas, fibras sintéticas, pigmentos, corantes, plásticos, resinas, produtos de higiene e limpeza, química de base, tintas e vernizes (IMT, 2011c).

3.2.8.5 Refrigeradores e Ar-Condicionado

As aplicações de Refrigeração e Ar-Condicionado representam o Subsetor que é o maior consumidor de substâncias químicas halogenadas usadas como refrigerantes (CFC, HCFC e HFC) (IMT, 2011c).

Os CFC e HCFC, além de serem substâncias destruidoras da camada de ozônio, são também potentes GEE (IMT, 2011c). Por essa razão, a indústria de refrigeração tem procurado substitutos. Nos últimos 15 anos, os fluidos refrigerantes mais utilizados evoluíram de quatro substâncias CFC-11, CFC-12, HCFC-22 e R-502²², para perto de cinquenta fluidos incluindo HFC, NH₃, CO₂ e os hidrocarbonetos (HC). Os HFC não contém cloro (Cl), por isso, não destroem a camada de ozônio, mas contribuem com o processo de aquecimento global.

3.3 Agropecuária²³

Devido à extensão de terras agricultáveis e disponíveis para pastagem, a agricultura e a pecuária são atividades econômicas importantes para o Estado de São Paulo. Várias práticas resultam em emissões de GEE.

22. Gás refrigerante.

23. Observando o Artigo 7° da Lei 13.798/2009, o Inventário de Emissões do Setor de Agropecuária é composto pelos Subsetores previstos no texto legal, acrescido de outros, que complementam o conjunto de informações, resultando na seguinte estrutura: Pecuária: Fermentação Entérica e Dejetos; Cultivo de Arroz Irrigado; Queima de Resíduos Agrícolas; Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos; e Calagem. Tais alterações visam a adequação do documento ao método do IPCC, adotado tanto nacional quanto internacionalmente.

3.3.1 Pecuária: Fermentação Entérica e Dejetos

Uma das maiores fontes de emissão de CH_4 é a Fermentação Entérica, que corresponde a uma etapa da digestão dos animais herbívoros ruminantes. A intensidade desse processo depende de diversos aspectos como: o tipo de animal, seu alimento, a intensidade de sua atividade física e as diversas práticas de criação.

As diferentes alternativas de Manejo de Dejetos de animais podem gerar diferentes emissões de CH_4 e N_2O . A decomposição anaeróbia produz CH_4 , sendo que quanto mais anaeróbio o processo de tratamento, maior a proporção de CH_4 para a mesma quantidade de dejetos.

3.3.2 Cultivo de Arroz Irrigado

Outra importante fonte de CH_4 é o cultivo de arroz em campos inundados ou em áreas de várzea. Isso se dá por conta da decomposição anaeróbia da matéria orgânica presente na água. No Estado de São Paulo, assim como no restante do país, a maior parte do arroz é produzida em áreas não inundadas, reduzindo a importância do Subsetor nas emissões de CH_4 .

3.3.3 Queima de Resíduos Agrícolas

A queima incompleta de resíduos agrícolas produz emissões de CH_4 , N_2O , NO_x , CO e VOC . A prática de Queima de Resíduos Agrícolas ocorre, principalmente, na cultura de cana-de-açúcar. O CO_2 emitido não é considerado como emissão líquida pois, através da fotossíntese, a mesma quantidade de CO_2 é, necessariamente, absorvida durante o crescimento das plantas (BRASIL, 2010a).

3.3.4 Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos

Neste Subsetor, enquadram-se os cultivos de solos orgânicos que emitem N_2O através do aumento da mineralização da matéria orgânica, dos resíduos vegetais deixados no campo e por meio do uso de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem sintética quanto animal, em solos agrícolas, e da deposição de dejetos de animais em pastagem.

3.3.5 Calagem

A Calagem, ou aplicação de calcário, é uma prática agrícola que corrige a acidez do solo, fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg), melhora a eficiência dos fertilizantes, entre outros efeitos. Esse Inventário apresenta o consumo de calcário na agricultura do Estado de São Paulo e as estimativas de emissões de CO_2 (CETESB, 2011a).

3.4 Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas²⁴

Neste Setor, são estimadas as mudanças nos estoques de carbono e emissões e remoções de GEE. Essas estimativas são baseadas na soma das áreas que permaneceram com o mesmo uso (nos casos em que houve mudança no estoque de carbono) e daquelas que foram convertidas para outros usos. São estimadas as mudanças de estoque de carbono da mata acima do solo, do carbono das raízes e do carbono do solo (FUNCATE, 2011).

Foram estimadas as mudanças de estoques líquidas ocorridas no Estado de São Paulo nos períodos de 1994 a 2002, 2002 a 2005 e 2005 a 2008 (FUNCATE, 2011). Esses dados foram anualizados, convertendo-os em quantidades médias aritméticas dos períodos considerados.

24. O Inventário Estadual de Emissões, conforme o Artigo 7º da Lei 13.798/2009, não prevê as estimativas de emissões do Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Entretanto, o Setor foi incluído neste documento, visando sua adequação ao método do IPCC adotado tanto nacional quanto internacionalmente.

3.5 Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos²⁵

A emissão de CH₄ ocorre com a disposição de resíduos sólidos em aterros. Nesses locais, pode ocorrer condição anaeróbia com consequente geração de CH₄. Quanto melhores as condições operacionais dos aterros e maior a sua profundidade, maior é o potencial de emissão de CH₄.

A incineração do resíduo urbano é uma atividade de pouca relevância no Brasil. O mesmo pode ser afirmado para o Estado de São Paulo. A carga orgânica dos esgotos domésticos e comerciais, assim como dos efluentes industriais, pode gerar CH₄ se submetida a tratamento anaeróbio. Também ocorrem emissões de N₂O pelos esgotos domésticos, por conta do conteúdo de nitrogênio (N) na alimentação humana (BRASIL, 2010a).

25. Observando o Artigo 7º da Lei 13.798/2009, o Inventário de Emissões do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos está conforme foi previsto no texto legal.

4

Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE por Gás

4 Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE por Gás

Em 2005, as emissões antrópicas líquidas de GEE foram estimadas em 88.844 Gg_{CO₂}; 1.268 Gg_{CH₄}; 63 Gg_{N₂O}; 0,002 Gg_{SF₆} e 0,8 Gg_{HCFC-141b}.

Em 2008, as emissões antrópicas líquidas de GEE foram estimadas em 95.752 Gg_{CO₂}; 1.152 Gg_{CH₄}; 41 Gg_{N₂O}; 0,002 Gg_{SF₆} e 1,1 Gg_{HCFC-141b}.

Entre 1990 e 2008, no Estado de São Paulo as emissões totais de CO₂, CH₄ e N₂O variaram em 63, 12 e -3%, respectivamente. Os GEE Indiretos, em 2008, foram estimados em 554 Gg_{NO_x}; 889 Gg_{CO}; e 567 Gg_{VOC}.

Entre 2005 e 2008, as emissões totais do Estado de São Paulo de CO₂, CH₄ e N₂O variaram em 10, -9,1 e -34,9%, respectivamente.

4.1 Emissões e Remoções de Dióxido de Carbono

As emissões e remoções de CO₂ se dividem nos seguintes Setores: Energia, Processos Industriais, Agropecuária, UTMUTF e Resíduos. No Estado de São Paulo, a maior parcela das emissões líquidas estimadas de CO₂ é proveniente do Setor Energético, que representou 84,7% das emissões de GEE em 2005, seguido pela Indústria, com 13,7% das emissões. O Setor Agropecuário contribuiu com 1,6% das emissões de CO₂.

A Tabela 7 apresenta as emissões de CO₂ de acordo com os setores envolvidos entre os anos de 1990 a 2008. O Gráfico 4 e o Gráfico 5 apresentam as evoluções das emissões de CO₂ por setor nos respectivos anos em Gg e em porcentagem.

A Tabela 8 apresenta as remoções de CO₂ do Setor de UTMUTF, que, em 2005, foram de 3.918 Gg_{CO₂}.

Tabela 7. Emissões de CO₂ de acordo com os setores envolvidos no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂} .ano ⁻¹]									
Energia	56.395	58.043	58.629	59.725	64.795	67.095	74.634	79.800	80.748	81.278
Indústria	3.396	3.540	3.046	3.011	3.268	3.724	4.300	4.738	4.744	4.495
Agropecuária	931	968	1.509	1.589	2.009	1.479	1.512	1.639	1.583	1.410
Resíduo	0,01	0,31	20,36	8,21	12,70	12,70	12,70	13,31	13,22	16,58
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	0	0	0	0	0
Total	60.722	62.552	63.205	64.333	70.085	72.311	80.460	86.189	87.088	87.200

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO₂} .ano ⁻¹]								
Energia	80.161	78.298	75.852	76.636	77.996	78.584	79.375	83.221	85.335
Indústria	4.577	3.978	3.864	3.394	3.418	12.685	12.281	12.968	12.218
Agropecuária	1.462	1.380	1.408	1.691	1.327	1.476	1.805	1.865	1.462
Resíduo	19,04	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	17,98	18,84	19,69
UTMUTF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	86.219	83.672	81.140	81.738	82.758	92.762	93.478	98.074	99.034

Nota: NE - Não Estimado

Gráfico 4. Emissões de CO₂ no Estado de São Paulo (Gg)²⁶

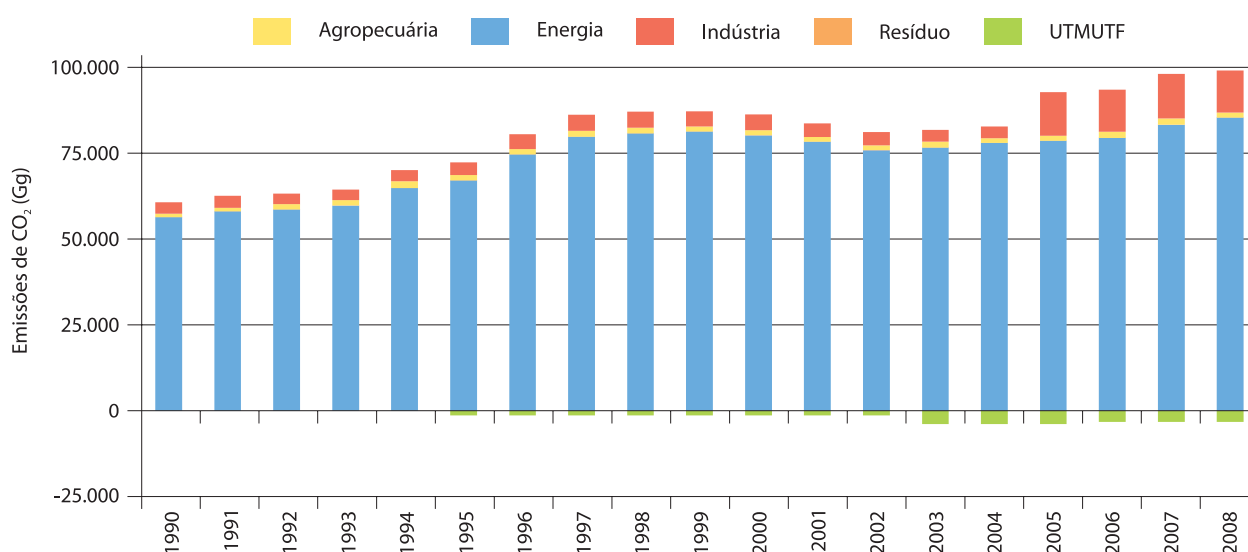


Gráfico 5. Emissões de CO₂ no Estado de São Paulo (%)

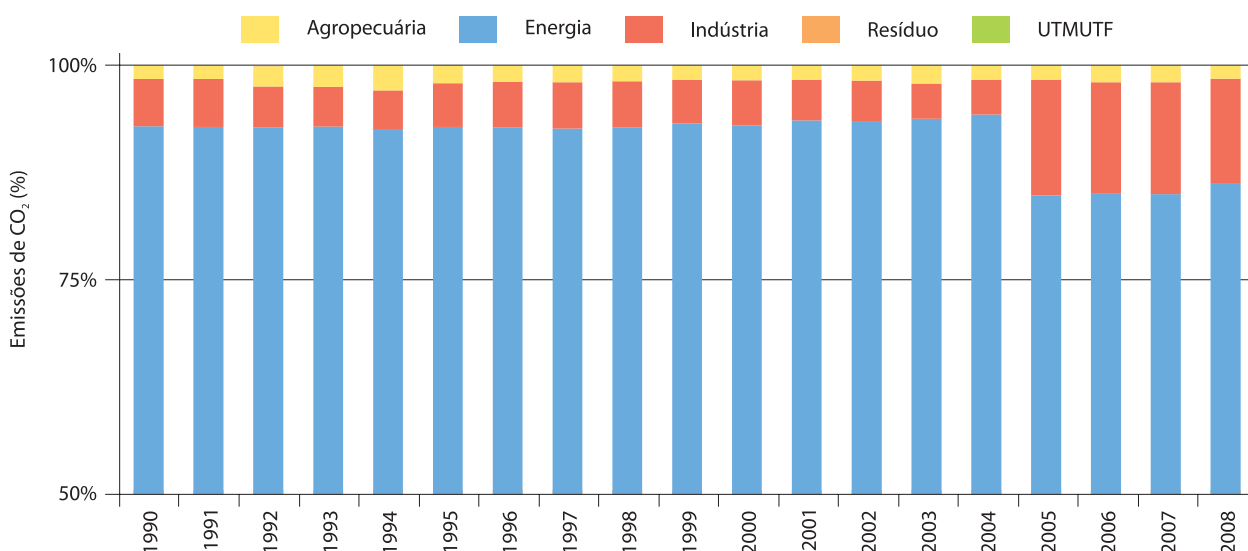


Tabela 8. Remoções de CO₂ no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2} -ano ⁻¹]									
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	1.333	1.333	1.333	1.333	1.333
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO2} -ano ⁻¹]									
UTMUTF	1.333	1.333	1.333	3.918	3.918	3.918	3.282	3.282	3.282	

Nota - NE: Não Estimado

26. As emissões de CO₂ do Setor de UTMUTF só são estimadas a partir de 1994. As emissões de CO₂ do Setor Industrial são estimadas para todo o período. Todavia, há grandes variações nos períodos inventariados. Os principais exemplos dessa variação são as estimativas da Indústria Química, que vão de 1990 a 2005 - não há resultados para os anos de 2005 a 2008; e as estimativas da Indústria Metalúrgica, que vão de 2005 a 2008 - não há resultados para os anos de 1990 a 2004.

No Gráfico 6 e no Gráfico 7, são apresentadas as emissões de CO₂ em 2005 e 2008 por setores envolvidos.

Gráfico 6. Emissões de CO₂ por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (92.762 Gg)

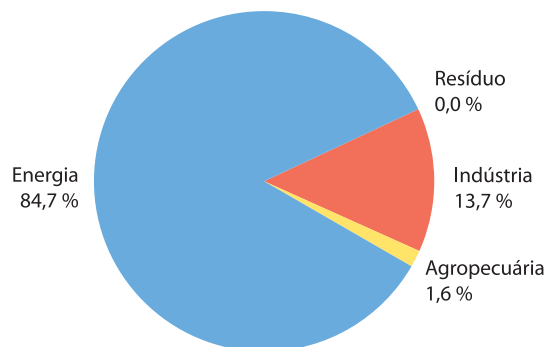
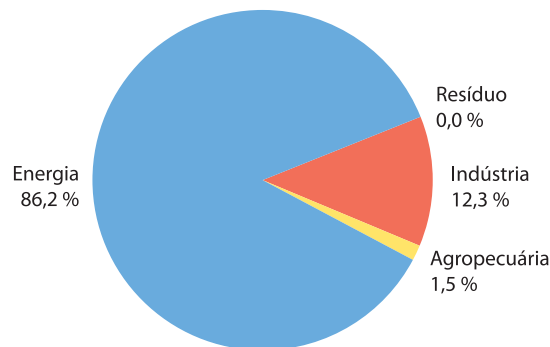


Gráfico 7. Emissões de CO₂ por Setor em 2008 no Estado de São Paulo (99.034 Gg)



4.2 Emissões de Metano

As emissões de CH₄ no Estado de São Paulo, resultam de inúmeras atividades, como por exemplo, aterros sanitários, tratamento de esgotos, processamento e transporte de petróleo e gás natural, atividades agrícolas, queima de combustíveis fósseis e de biomassa e alguns processos industriais.

O Setor Agropecuário é o maior responsável pelas emissões de CH₄ (62,4% em 2005), sendo que a principal fonte é a fermentação entérica.

No Setor de Energia, a emissão de CH₄ ocorre devido à queima incompleta de combustíveis

e devido à fuga de CH₄ durante os processos de produção e transporte de óleo e gás natural. Representou 2,3% das emissões totais de CH₄ em 2005.

Nos Processos Industriais, as emissões de CH₄ ocorrem durante a produção de petroquímicos. O Setor de Tratamento de Resíduos é o segundo maior emissor de CH₄, com 35% do total das emissões em 2005.

A Tabela 9 apresenta as emissões de CH₄ de acordo com os setores envolvidos entre os anos de 1990 a 2008. Do mesmo modo, o Gráfico 8 e o Gráfico 9 apontam a evolução das emissões de CH₄ ao longo dos anos em Gg e em porcentagem.

Tabela 9. Emissões de CH₄ por Setor no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CH4} .ano ⁻¹]									
Energia	16	17	17	18	19	20	21	22	24	25
Indústria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Agropecuária	734	733	743	759	770	781	765	764	763	779
Resíduos	278	281	294	292	301	309	323	324	340	345
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	1.028	1.032	1.055	1.069	1.091	1.111	1.111	1.111	1.127	1.151

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CH4} .ano ⁻¹]								
Energia	22	24	25	25	27	30	34	34	35
Indústria	2	1	1	1	2	2	NE	NE	NE
Agropecuária	782	791	800	825	810	792	763	710	678
Resíduos	365	382	407	426	422	445	446	420	438
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	1.171	1.198	1.233	1.278	1.261	1.268	1.244	1.164	1.152

Nota: NE - Não Estimado

Gráfico 8. Emissões de CH₄ no Estado de São Paulo (Gg)

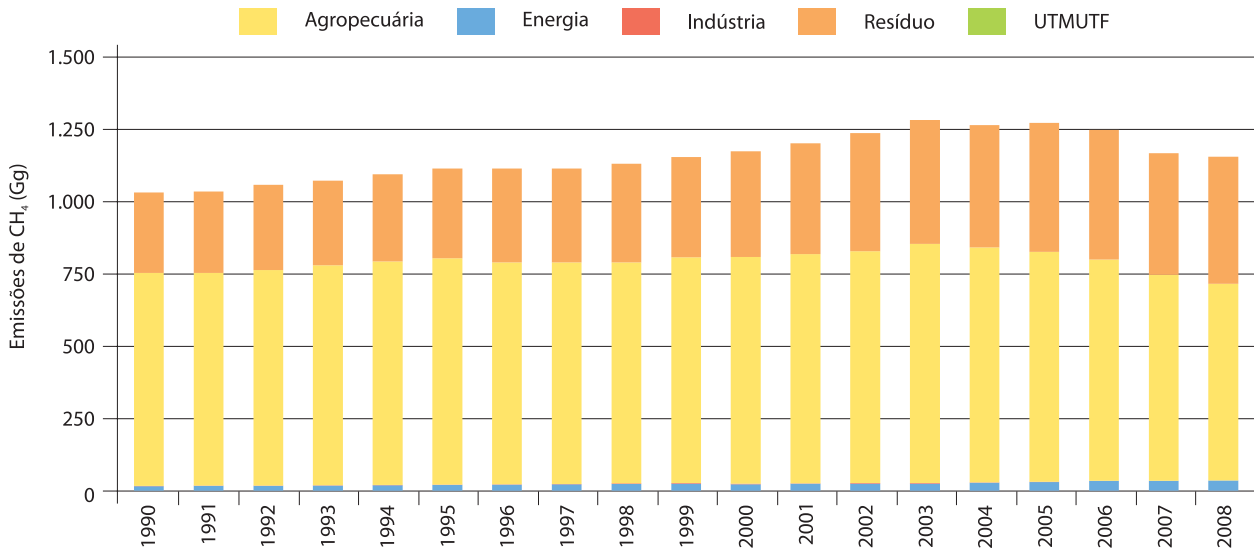
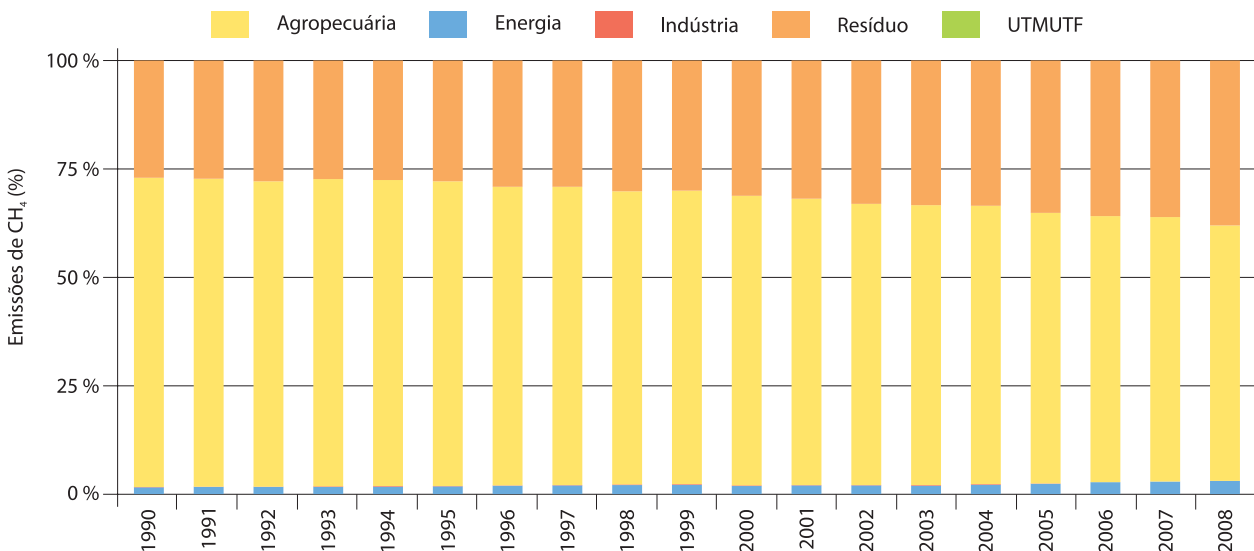


Gráfico 9. Emissões de CH₄ no Estado de São Paulo (%)



No Gráfico 10 e no Gráfico 11, são apresentadas as emissões de CH₄ em 2005 e 2008.

Gráfico 10. Emissões de CH₄ por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (1.268 Gg)

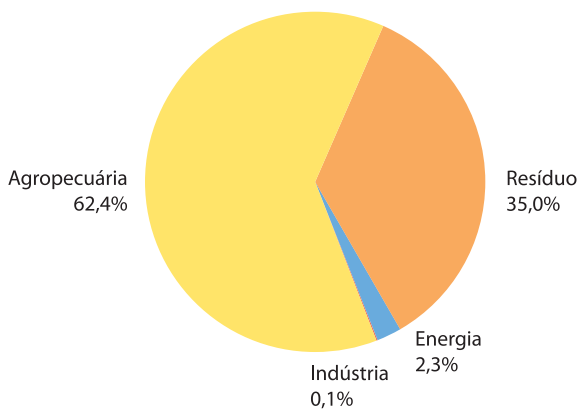
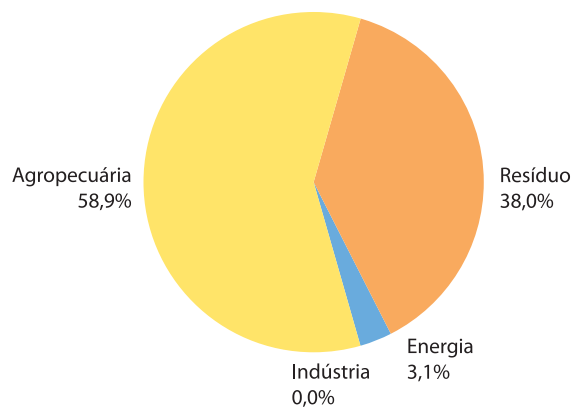


Gráfico 11. Emissões de CH₄ por Setor em 2008 no Estado de São Paulo (1.152 Gg)



Na Tabela 10 e Gráfico 12 são apresentadas as emissões de CH₄ em CO_{2eq} de acordo com o GWP indicado na sessão correspondente deste documento.

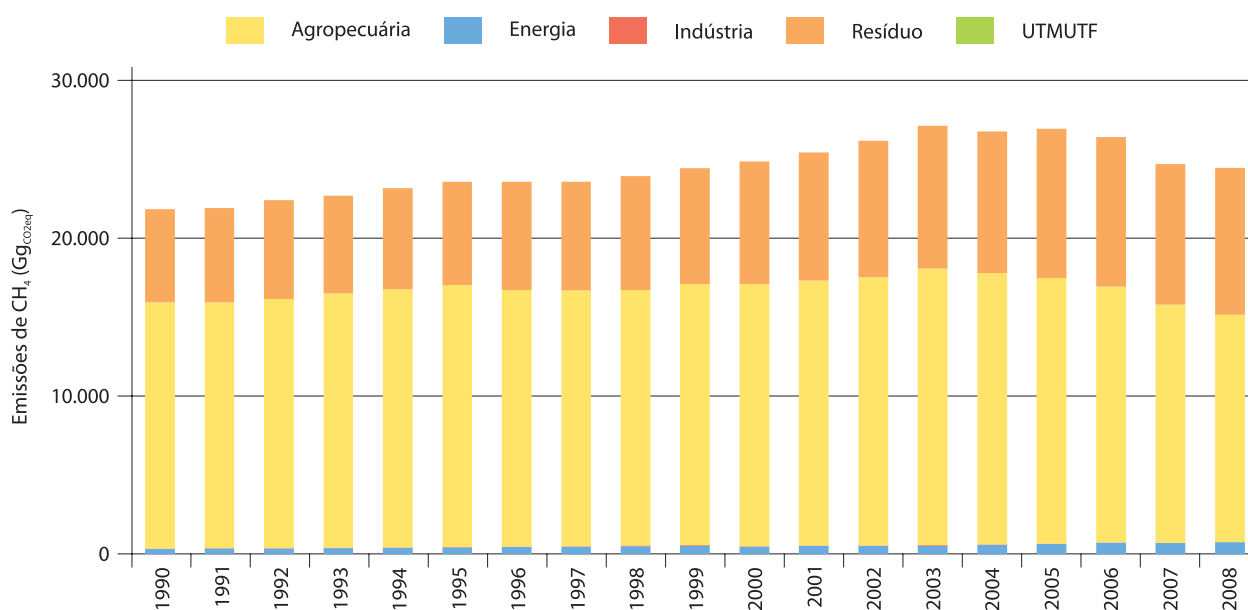
Tabela 10. Emissões de CH₄ por Setor no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} ·ano ⁻¹]									
Energia	332	353	357	372	398	417	446	462	495	516
Indústria	23	18	19	21	22	21	25	30	31	32
Agropecuária	15.405	15.386	15.607	15.932	16.179	16.399	16.061	16.035	16.016	16.357
Resíduos	5.838	5.905	6.175	6.128	6.315	6.492	6.790	6.799	7.136	7.255
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	21.598	21.663	22.157	22.454	22.914	23.329	23.321	23.327	23.677	24.161

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2eq} ·ano ⁻¹]								
Energia	466	500	515	519	572	624	712	708	742
Indústria	32	31	28	31	33	32	NE	NE	NE
Agropecuária	16.425	16.605	16.802	17.331	17.001	16.627	16.032	14.910	14.242
Resíduos	7.658	8.023	8.552	8.950	8.868	9.349	9.375	8.818	9.199
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	24.581	25.159	25.897	26.832	26.474	26.632	26.119	24.436	24.183

Nota: NE - Não Estimado

Gráfico 12. Emissões de CH₄ por Setor no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})



4.3 Emissões de Óxido Nitroso

As emissões de N₂O resultam de diversas atividades, tais como práticas agrícolas, processos industriais, queima de combustíveis fósseis e de biomassa (BRASIL, 2010a).

No Estado de São Paulo, as emissões de N₂O ocorrem predominantemente no Setor Agropecuário, por fermentação entérica (cerca de 59,8% em 2005).

No Setor de Energia, a emissão de N₂O se dá devido à queima incompleta de combustíveis. Este Setor representou 4,1% das emissões totais em 2005.

No Setor de Processos Industriais, as emissões de N₂O ocorrem durante a produção de ácido

nítrico (HNO₃) e ácido adípico (C₆H₁₀O₄) e, no Estado de São Paulo, representaram 36% das emissões totais em 2005.

No Setor de Resíduos, as emissões de N₂O ocorrem devido à presença de nitrogênio molecular (N₂) na proteína de consumo humano, que acaba sendo lançado no solo ou em corpos d'água. Outra parte é proveniente da incineração de resíduos, mas essas quantidades são insignificantes no contexto estadual. As emissões de N₂O no Estado de São Paulo são apresentadas na Tabela 11, nos Gráficos 13, 14 e 15.

No Gráfico 15, são apresentadas as estimativas de emissão de N₂O para o ano de 2005.

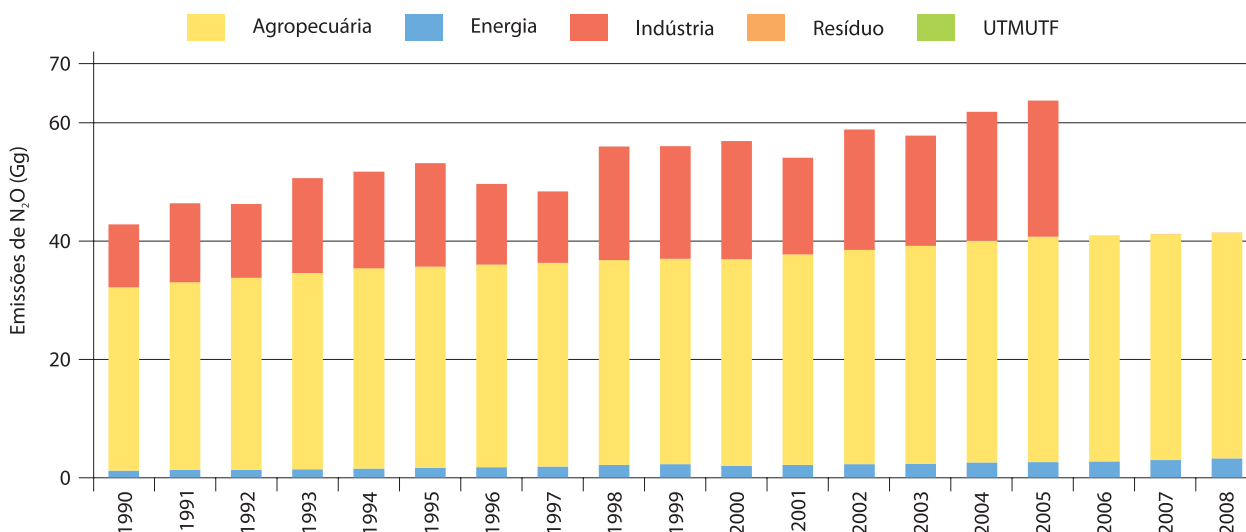
Tabela 11. Emissões de N₂O no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{N₂O} ·ano ⁻¹]									
Energia	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Indústria	11	13	12	16	16	17	13	12	19	19
Agropecuária	31	31	32	33	34	34	34	34	34	34
Resíduo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	42	46	46	50	51	53	49	48	55	56

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{N₂O} ·ano ⁻¹]									
Energia	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
Indústria	20	16	20	18	22	23	NE	NE	NE	
Agropecuária	35	35	36	37	37	38	38	38	38	
Resíduo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
Total	56	54	58	57	61	63	40	41	41	

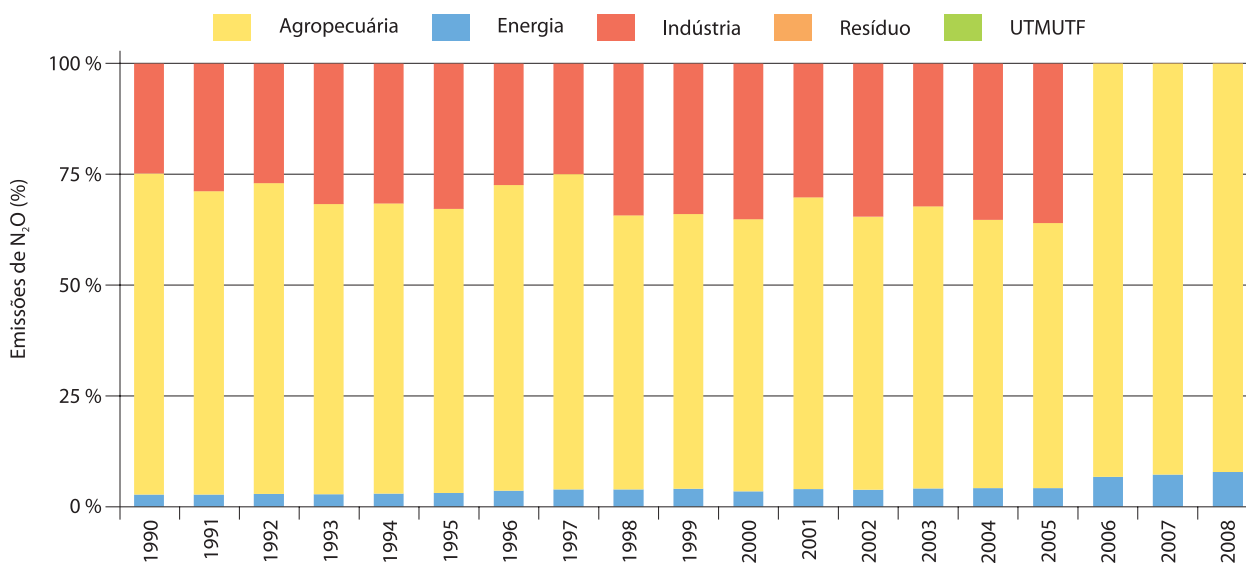
Nota: NE - Não Estimado

Gráfico 13. Emissões de N₂O no Estado de São Paulo (Gg)



Nota: As emissões de N₂O para o Setor de Indústria foram estimadas até o ano de 2005, as emissões posteriores ainda não são conhecidas

Gráfico 14. Emissões de N₂O no Estado de São Paulo (%)



Nota: As emissões de N₂O para o Setor de Indústria foram estimadas até o ano de 2005, as emissões posteriores ainda não são conhecidas

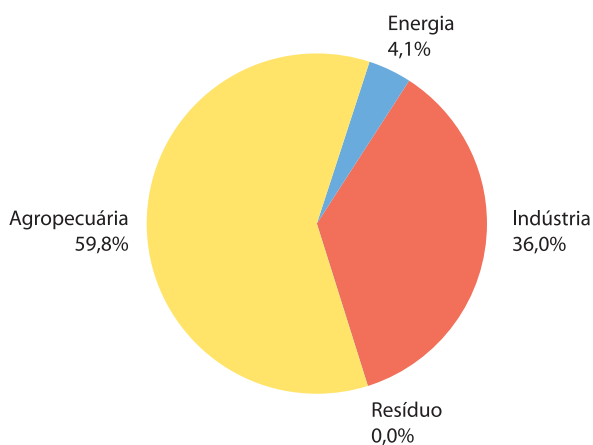


Gráfico 15. Emissões de N₂O por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (63 Gg)

Da mesma forma, a Tabela 12 e Gráfico 16 apresentam as emissões de N₂O em Gg_{CO₂eq}, nos mesmos anos, por setores envolvidos.

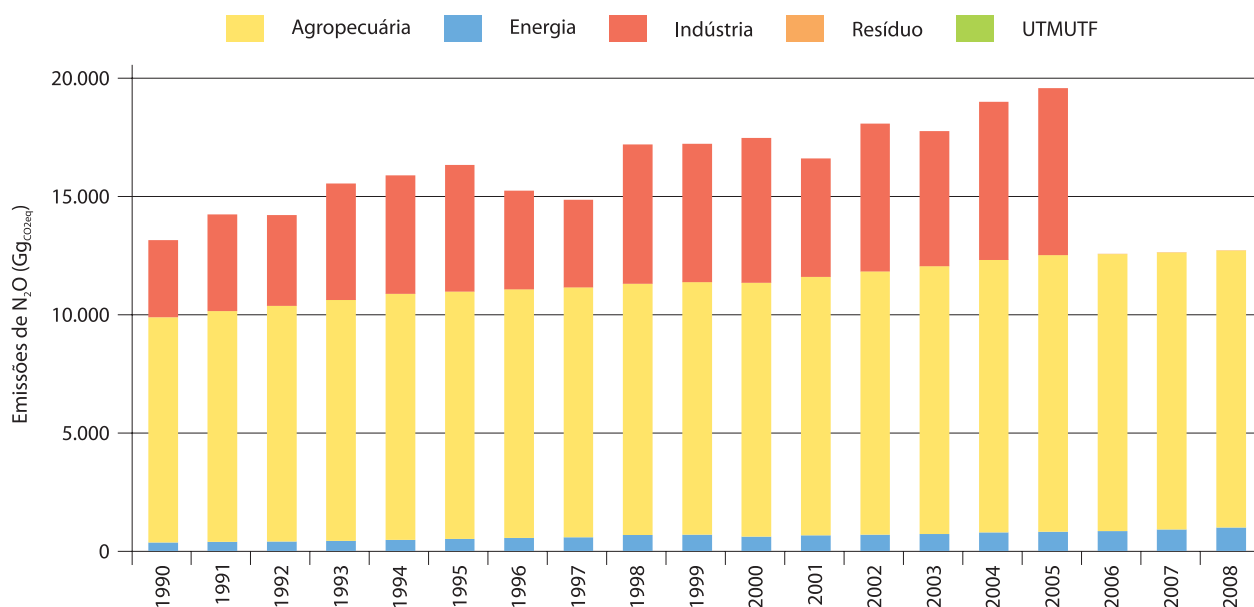
Tabela 12. Emissões de N₂O no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
Energia	351	388	401	429	468	503	544	573	668	686
Indústria	3.261	4.103	3.833	4.933	5.015	5.361	4.182	3.713	5.893	5.848
Agropecuária	9.535	9.754	9.973	10.192	10.412	10.467	10.523	10.579	10.634	10.690
Resíduo	0,01	0,01	0,38	0,16	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,32
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	13.147	14.246	14.208	15.554	15.894	16.331	15.249	14.865	17.195	17.224

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]								
Energia	598	657	690	720	785	809	837	914	989
Indústria	6.137	5.015	6.252	5.720	6.701	7.057	NE	NE	NE
Agropecuária	10.746	10.940	11.134	11.328	11.522	11.716	11.717	11.719	11.720
Resíduo	0,37	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,35	0,37	0,39
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	17.481	16.613	18.076	17.768	19.008	19.581	12.555	12.633	12.710

Nota: NE - Não Estimado

Gráfico 16. Emissões de N₂O por Setor no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})



Nota: As emissões de N₂O para o Setor de Indústria foram estimadas até o ano de 2005, as emissões posteriores ainda não são conhecidas

4.4 Emissões de Hidrofluorcarbonos e Hexafluoreto de Enxofre

Os gases HFC, PFC e SF₆ são produzidos unicamente por atividades humanas, não tendo origem na natureza (BRASIL, 2010a).

No Brasil, não existe produção de HFC. As emissões de HFC-134a foram estimadas pelo Tier²⁷ 2b, que considera as vendas desse gás e a sua utilização nos diversos produtos identificados como sendo feitos no Brasil: refrigeração doméstica, bebedouros, refrigeração comercial, transporte refrigerado feito por caminhões frigoríficos, ar condicionado e refrigeração industrial, ar condicionado

veicular e no Subsetor de Espumas.

O SF₆ é utilizado como isolante em equipamentos elétricos de grande porte. As emissões ocorrem devido a perdas nos equipamentos. A Tabela 13 e a Tabela 14 apresentam as emissões de SF₆ e HFC-134a no Estado de São Paulo.

O Gráfico 17 representa as emissões de SF₆ e HFC em CO_{2eq} de acordo com o GWP indicado na seção correspondente deste documento.

As emissões de HFC-134a foram estimadas a partir de 1996, pois foi quando este gás começou a ser utilizado como alternativa ao uso dos CFC e HCFC.

Tabela 13. Emissões de HFC e SF₆ no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,0416	0,0958	0,1385	0,1887
SF ₆	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0015	0,0016

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
HFC-134a	0,2568	0,3343	0,3978	0,4605	0,5302	0,6068	0,7011	0,8183	0,9471	
SF ₆	0,0016	0,0016	0,0017	0,0018	0,0019	0,0020	0,0020	0,0021	0,0022	

Nota: NE - Não Estimado

As emissões de HFC-134a foram estimadas a partir de 1996, pois foi quando este gás começou a ser utilizado como alternativa ao uso dos CFC e HCFC.

Tabela 14. Emissões de HFC e SF₆ no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

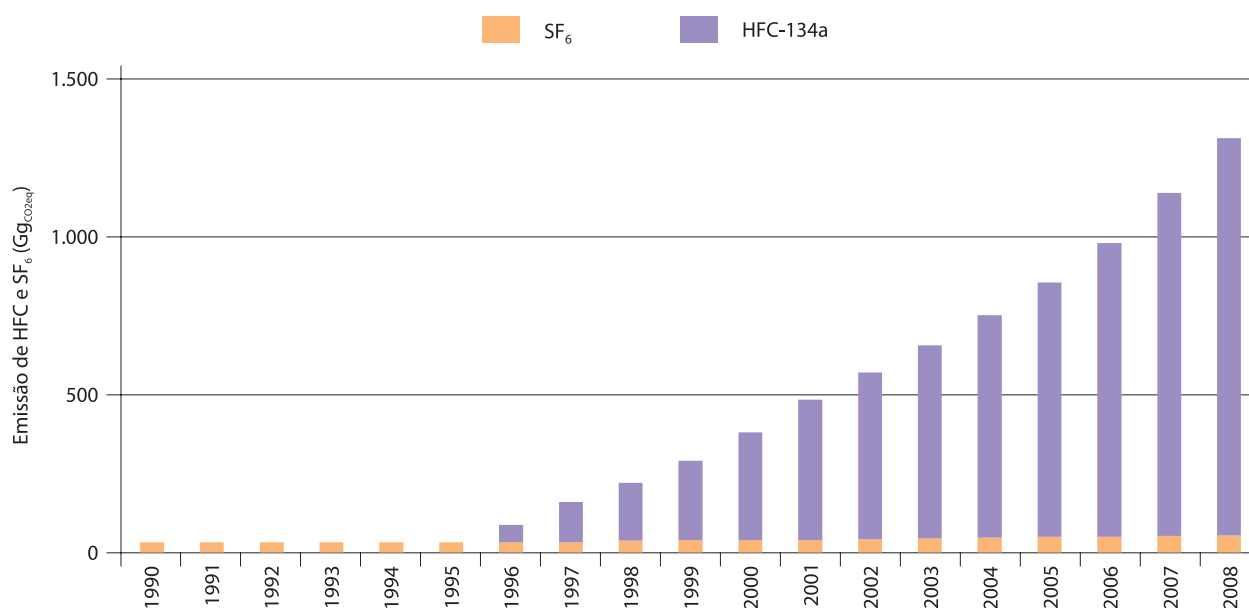
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	54	125	180	245
SF ₆	31	31	31	31	31	31	31	31	36	38

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
HFC-134a	334	435	517	599	689	789	911	1.064	1.231	
SF ₆	38	38	41	43	45	48	48	50	53	

Nota: NE - Não Estimado

As emissões de HFC-134a foram estimadas a partir de 1996, pois foi quando este gás começou a ser utilizado como alternativa ao uso dos CFC e HCFC.

27. Tier: No método do IPCC, é o nível de rigor da estimativa de emissões de GEE. Quanto maior o Tier, mais elevado o nível de rigor.

Gráfico 17. Emissões de HFC e SF₆ no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

4.5 Emissões de CFC e HCFC

As emissões de CFC e HCFC no Estado de São Paulo são ocasionadas pelo Subsetor Uso de Solventes e Outros Produtos, entre eles, os Solventes (CFC-113), Aerossóis (CFC-11 e CFC-12), Espumas (CFC-11 e HCFC-141b), e nos Refrigeradores e Ar Condicionado (CFC-12 e HCFC-22). Na Tabela 15 e na Tabela 16, são apresentadas as emissões de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal em

Gg e em Gg_{CO₂eq}. No Gráfico 18, também são apresentadas as emissões em Gg_{CO₂eq}.

Até o ano 2001, a maior emissão correspondeu ao CFC-11, quando este não pode mais ser usado na fabricação de novos produtos, por conta do Protocolo de Montreal. A partir daquele ano, a maior parcela das emissões passou a ser de HCFC-141b, que apresentou um aumento de 94% entre os anos de 2002 e 2008.

Tabela 15. Emissões de GEE Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CFC-11	0,67	0,61	1,23	1,23	1,24	1,23	1,08	1,10	1,14	1,14
CFC-12	0,11	0,12	0,14	0,16	0,21	0,25	0,24	0,23	0,22	0,24
CFC-113	0,26	0,23	0,17	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02
HCFC-22	0,66	0,72	0,78	0,84	0,92	0,99	0,99	1,07	1,17	1,55
HCFC-141b	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]								
CFC-11	1,39	1,39	0,34	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
CFC-12	0,24	0,20	0,21	0,19	0,19	0,18	0,20	0,20	0,18
CFC-113	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HCFC-22	1,79	1,61	1,93	1,91	2,05	2,09	2,35	2,37	2,97
HCFC-141b	NE	NE	0,56	0,66	0,82	0,82	0,80	1,10	1,09

Nota: NE - Não Estimado

As emissões de CFC-113 foram estimadas de 1990 a 2000 e as emissões de HCFC-141b, a partir de 2002.

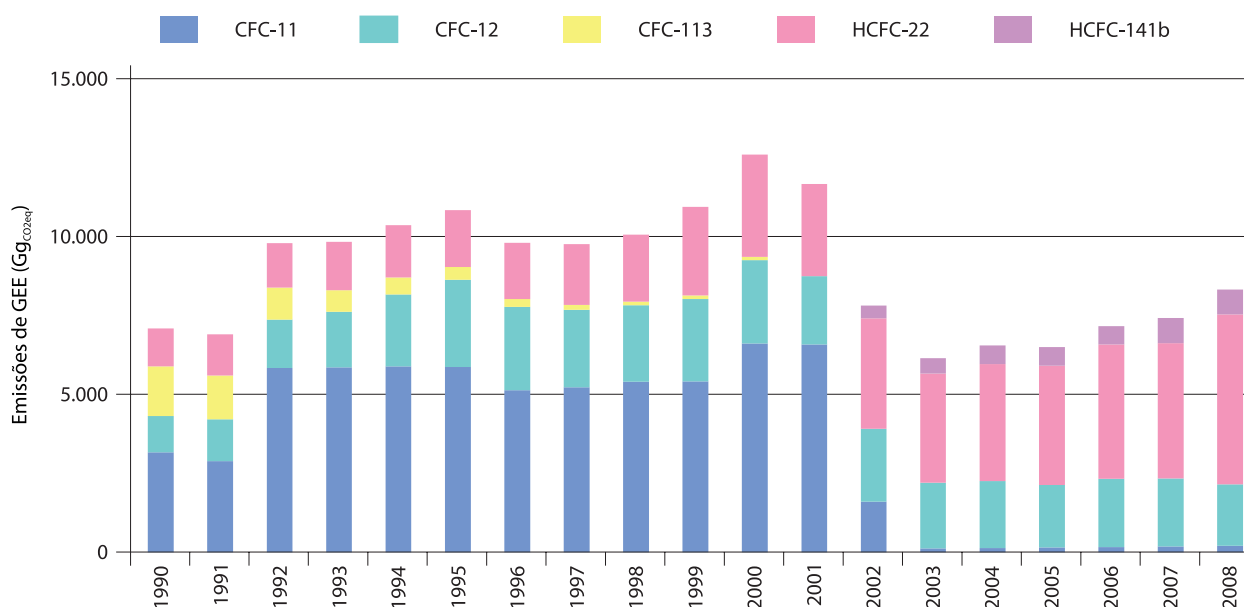
Tabela 16. Emissões de GEE Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[$Gg_{CO_2eq}\cdot ano^{-1}$]									
CFC-11	3.164	2.888	5.833	5.857	5.890	5.864	5.134	5.224	5.401	5.414
CFC-12	1.153	1.322	1.532	1.761	2.278	2.763	2.635	2.460	2.421	2.604
CFC-113	1.571	1.390	1.017	685	533	410	248	148	111	113
HCFC-22	1.198	1.298	1.408	1.528	1.656	1.796	1.783	1.928	2.125	2.807
HCFC-141b	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	7.086	6.898	9.791	9.831	10.357	10.833	9.800	9.760	10.058	10.938

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[$Gg_{CO_2eq}\cdot ano^{-1}$]								
CFC-11	6.609	6.585	1.606	120	135	151	167	187	209
CFC-12	2.648	2.161	2.302	2.083	2.117	1.976	2.158	2.147	1.942
CFC-113	100	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HCFC-22	3.233	2.916	3.497	3.463	3.709	3.779	4.261	4.292	5.381
HCFC-141b	NE	NE	406	477	592	592	579	798	787
Total	12.589	11.662	7.811	6.142	6.552	6.499	7.165	7.424	8.319

Nota: NE - Não Estimado

As emissões de CFC-113 foram estimadas de 1990 a 2000 e as emissões de HCFC-141b, a partir de 2002.

Gráfico 18. Emissões de GEE Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})

4.6 GEE Indiretos

Os GEE Indiretos, em sua maior parte resultantes de atividades humanas, geram influência nas reações químicas que ocorrem na troposfera e exercem papel indireto no aumento do efeito radiativo. Estes são: CO, NOx e VOC.

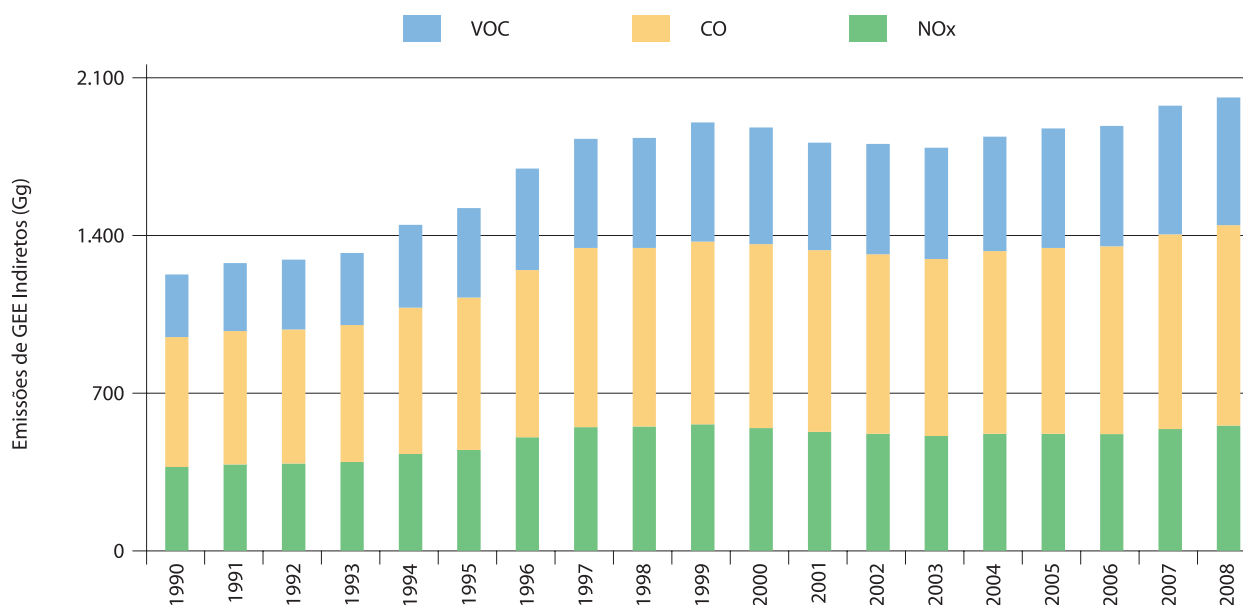
As emissões desses GEE Indiretos podem resultar da queima incompleta de combustíveis, bem como de Processos Industriais, no Subsetor de Alimentos e Bebidas, Vidro e Papel e Celulose. Na Tabela 17 e no Gráfico 19, são apresentadas as estimativas das emissões dos GEE Indiretos no Estado de São Paulo.

Tabela 17. Emissões Totais de GEE Indiretos (NOx, CO e VOC) no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
NOx	371	382	387	393	429	446	503	547	550	560
CO	576	591	593	607	648	676	741	795	793	811
VOC	278	302	310	320	368	397	450	484	487	527

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]								
NOx	544	527	518	508	518	519	517	540	554
CO	814	805	796	785	810	823	833	863	889
VOC	518	477	488	494	507	530	534	571	567

Gráfico 19. Emissões Totais de GEE Indiretos no Estado de São Paulo (Gg)



4.7 Emissões de GEE em CO_{2eq}

4.7.1 Emissões dos GEE Não Controlados pelo Protocolo de Montreal

Na Tabela 18, Gráfico 20 e Gráfico 21, são apresentadas as estimativas das emissões de GEE. Na Tabela 19, Gráficos 22 e 23, foram empregados dois diferentes fatores de equivalência: o GWP e o GTP, ambos para o horizonte de 100 anos.

Tabela 18. Emissões de GEE Não Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg_{CO_{2eq}})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO_{2eq}} ·ano ⁻¹]									
Energia	57.078	58.785	59.386	60.526	65.661	68.014	75.624	80.835	81.911	82.480
Indústria	6.711	7.693	6.929	7.996	8.335	9.137	8.592	8.637	10.884	10.659
Agropecuária	25.872	26.108	27.089	27.713	28.600	28.345	28.097	28.253	28.232	28.457
Resíduo	5.838	5.906	6.196	6.137	6.328	6.504	6.803	6.813	7.149	7.272
UTMUTF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	95.499	98.492	99.601	102.372	108.925	112.002	119.115	124.537	128.176	128.868

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO_{2eq}} ·ano ⁻¹]								
Energia	81.225	79.455	77.058	77.876	79.352	80.017	80.924	84.844	87.066
Indústria	11.118	9.497	10.702	9.787	10.887	20.610	13.240	14.082	13.502
Agropecuária	28.633	28.924	29.343	30.349	29.850	29.818	29.554	28.493	27.423
Resíduo	7.678	8.040	8.569	8.967	8.885	9.366	9.394	8.837	9.219
UTMUTF	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	128.654	125.917	125.671	126.979	128.974	139.811	133.111	136.256	137.210

Gráfico 20. Emissões de GEE no Estado de São Paulo (Gg_{CO_{2eq}})

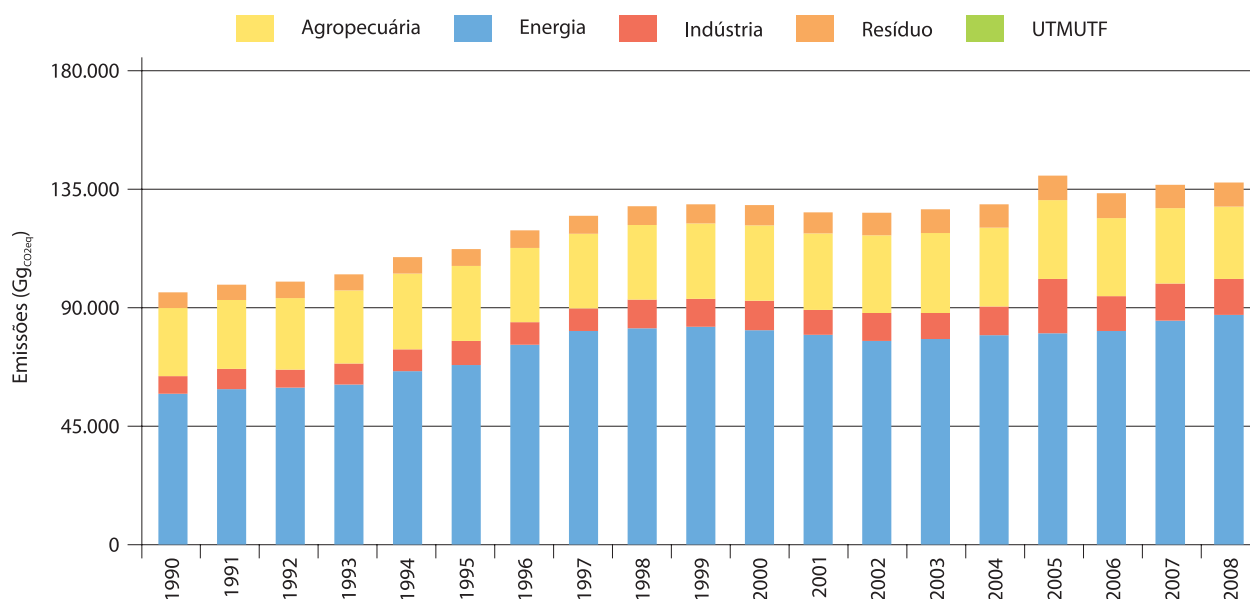
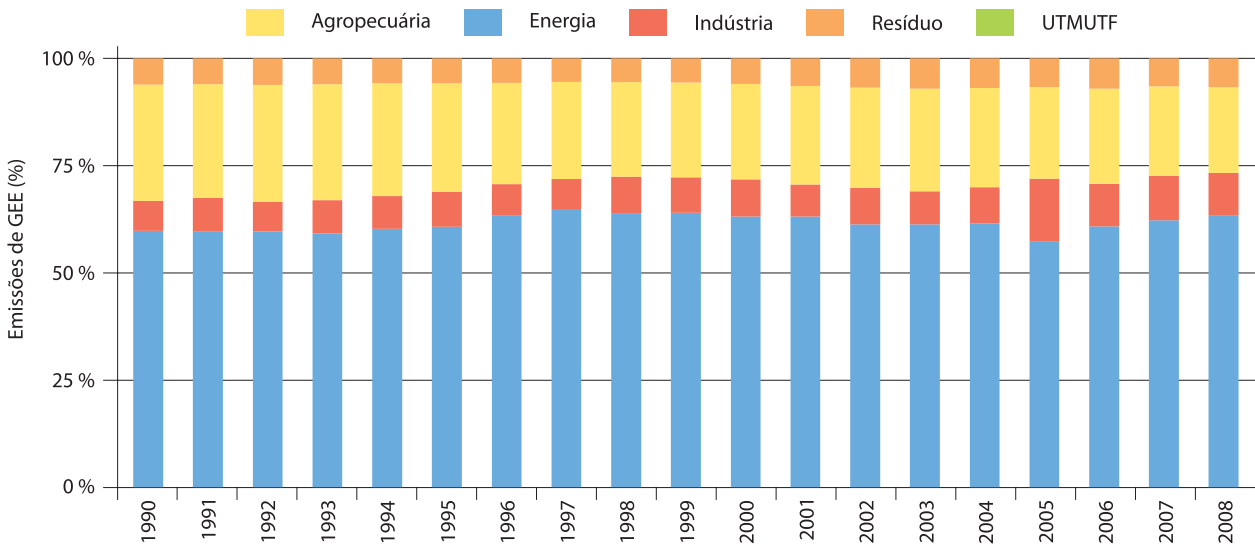


Gráfico 21. Emissões de GEE no Estado de São Paulo (%)



Na Tabela 19, Gráfico 22 e Gráfico 23 é possível observar que o Setor Agropecuário e o Setor de Resíduos são os que apresentam diferença mais acentuada de acordo com a métrica utilizada. Em GTP, a Agropecu-

ária participa com 13% em 2005, enquanto Resíduos equivale a 1,9%. Em GWP, esses setores passam a representar 21,3% e 6,7%, respectivamente.

Tabela 19. Emissões por Fontes de GEE em CO_{2eq} Convertidas por Meio das Métricas GTP e GWP, em 2005, por Setor, no Estado de São Paulo (Gg CO_{2eq})

Setor	GTP		GWP	
	2005	Participação 2005	2005	Participação 2005
	(Gg _{CO2eq})	(%)	(Gg _{CO2eq})	(%)
Energia	79.437	68,3	80.017	57,2
Indústria	18.953	16,3	20.610	14,7
Agropecuária	15.638	13,4	29.818	21,3
Resíduo	2.243	1,9	9.366	6,7
UTMUTF	0	0,0	0	0,0
Total	116.272	100,0	139.811	100,0

Gráfico 22. Emissões de GEE por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (GTP)

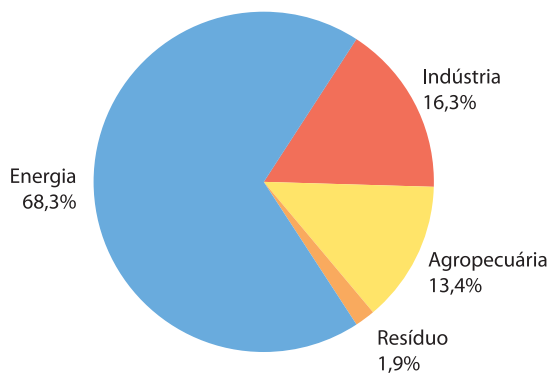
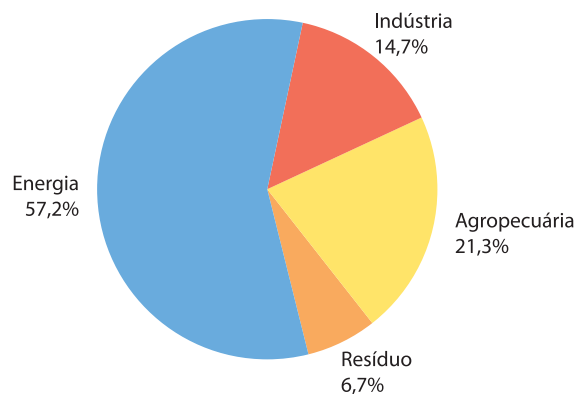


Gráfico 23. Emissões de GEE por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (GWP)



4.7.2 Emissões dos GEE Incluindo os Gases Controlados pelo Protocolo de Montreal

No Gráfico 24 são apresentadas as estimativas das emissões dos GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal. No Gráfico 25 são apresentadas as estimativas das emissões dos GEE não controlados pelo Protocolo de Montreal e as emissões dos GEE controlados pelo Protocolo de Montreal somadas às primeiras. Essa inclusão acarreta um aumento de 3% no Setor Industrial no ano de 2005.

Gráfico 24. Emissões de GEE, não incluindo os gases controlados pelo Protocolo de Montreal, por Setor em 2005 no Estado de São Paulo (%)

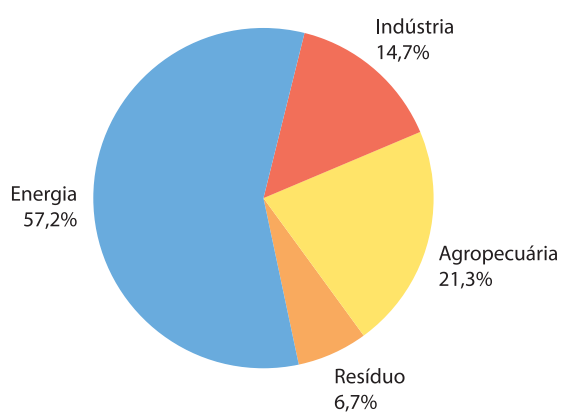
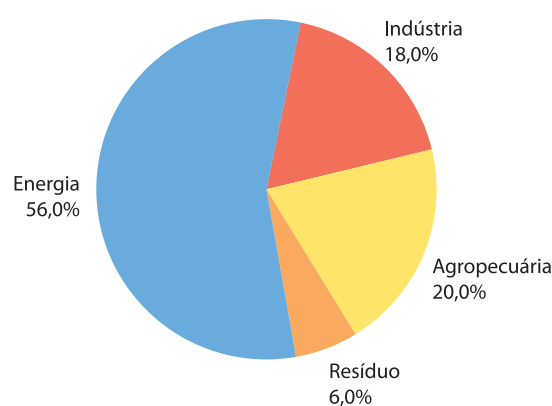


Gráfico 25. Emissões de GEE, incluindo os gases controlados pelo Protocolo de Montreal, na somatória de cada um dos setores inventariados em 2005, no Estado de São Paulo (%)



5

Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE por Setor

5 Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de GEE por Setor

5.1 Energia

5.1.1 Características da Matriz Energética do Estado de São Paulo

As ofertas internas brutas das três principais fontes energéticas (petróleo e derivados, produtos da cana-de-açúcar e hidráulica) mantiveram suas posições de destaque entre os anos de 1990 e 2008 na matriz energética do Estado de São Paulo, conforme pode ser observado na Tabela 20.

Ressalta-se a participação das fontes de energia renováveis na matriz energética paulista, assim como ocorre na matriz nacional. No período de 1990 a 2008, a parti-

cipação dessas fontes devido, principalmente, ao uso dos derivados de cana-de-açúcar, oscilou pouco, na faixa de 40 a 55% da energia produzida.

Com relação ao consumo final de energia (Tabela 21), percebe-se o predomínio da eletricidade de origem hidráulica ao longo do período analisado. Destaca-se, também, o consumo de óleo diesel (majoritariamente no Subsetor de Transporte, modal Rodoviário) e de bagaço de cana, utilizado principalmente no Setor Industrial.

Em relação ao consumo setorial, destaca-se o Setor Industrial, que utiliza energia elétrica, bagaço de cana e gás natural, seguido pelo Setor de Transporte, onde predomina o consumo de óleo diesel.

Tabela 20. Oferta Interna Bruta de Energia, por Fonte (tOE) (1)

Fonte	Ano													
	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Energia Não Renovável	20.608	53,3	21.479	53,5	21.550	53,2	22.429	53,1	24.324	54,9	25.471	56,0	28.305	57,9
Petróleo e Derivados (2)	18.596	48,1	19.240	47,9	19.819	47,8	20.140	47,7	21.664	48,9	22.738	50,0	25.533	52,2
Gás Natural	207	0,5	242	0,6	320	0,8	408	1,0	577	1,3	768	1,7	899	1,8
Carvão Min. e Deriv. (3)	1.805	4,7	1.997	5,0	1.861	4,6	1.881	4,5	2.083	4,7	1.965	4,3	1.873	3,8
Energia Renovável	18.083	46,7	18.692	46,5	18.943	46,8	19.802	46,9	19.994	45,1	20.038	44,0	20.604	42,1
Hidráulica e Eletricidade	6.773	17,5	7.058	17,6	7.146	17,6	7.522	17,8	7.819	17,6	8.201	18,0	8.458	17,3
Lenha e Carvão Vegetal	1.464	3,8	1.393	3,5	1.308	3,2	1.284	3,0	1.206	2,7	1.167	2,6	1.170	2,4
Prod. Cana-de-açúcar	9.319	24,1	9.657	24,0	9.864	24,1	10.274	24,3	10.130	22,9	9.727	21,4	9.922	20,3
Lixívia	332	0,9	360	0,9	380	0,9	459	1,1	506	1,1	551	1,2	576	1,2
Outras Fontes Prim. Renov. (4)	195	0,5	224	0,6	245	0,6	263	0,6	333	0,8	392	0,9	478	1,0
Total	38.691	100	40.171	100	40.493	100	42.231	100	44.318	100	45.509	100	48.909	100

Continua

Continuação

Fonte	Ano													
	1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Energia Não Renovável	28.226	55,0	28.517	54,9	27.242	53,4	29.438	58,2	28.671	57,1	27.903	55,6	28.155	54,8
Petróleo e Derivados (2)	25.394	49,5	25.734	49,6	24.625	48,3	26.548	52,4	25.115	50,0	23823	47,5	23.394	45,5
Gás Natural	1.010	2,0	985	1,9	1.115	2,2	1.367	2,7	1.849	3,7	2.458	4,9	2.852	5,6
Carvão Min. e Deriv. (3)	1.822	3,6	1.798	3,5	1.502	2,9	1.523	3,0	1.707	3,4	1622	3,2	1.909	3,7
Energia Renovável	23.082	45,0	23.415	45,1	23.731	46,6	21.179	41,8	21.534	42,9	22.290	44,4	23.225	45,2
Hidráulica e Eletricidade	8.967	17,5	9.088	17,5	9.247	18,1	9.684	19,1	8.576	17,1	9050	18,0	9.596	18,7
Lenha e Carvão Vegetal	1.153	2,2	1.132	2,2	1.097	2,2	1.120	2,2	1.103	2,2	1078	2,1	1.051	2,0
Prod. Cana-de-açúcar	11.872	23,1	12.126	23,3	12.240	24,0	9.114	18,0	10.654	21,2	10911	21,7	11.244	21,9
Lixívia	605	1,2	559	1,1	622	1,2	713	1,4	709	1,4	748	1,5	818	1,6
Outras Fontes Prim. Renov. (4)	485	0,9	510	1,0	525	1,0	548	1,1	492	1,0	503	1,0	516	1,0
Total	51.308	100	51.932	100	50.973	100	50.617	100	50.205	100	50.193	100	51.380	100

Fonte	Ano									
	2004		2005		2006		2007		2008	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Energia Não Renovável	30.533	54,0	30.662	52,9	29.832	50,5	30.902	48,6	30.893	45,5
Petróleo e Derivados (2)	25.168	44,5	25.077	43,3	23.755	40,2	24.562	38,6	24.410	35,9
Gás Natural	3.328	5,9	3.865	6,7	4.321	7,3	4.618	7,3	4.899	7,2
Carvão Min. E Deriv. (3)	2.037	3,6	1.720	3,0	1.756	3,0	1.722	2,7	1.584	2,3
Energia Renovável	26.037	46,0	27.281	47,1	29.205	49,5	32.729	51,4	37.018	54,5
Hidráulica e Eletricidade	10.047	17,8	10.392	17,9	11.121	18,8	11.763	18,5	12.137	17,9
Lenha e Carvão Vegetal	1.063	1,9	1.084	1,9	1.080	1,8	1.113	1,7	1.129	1,7
Prod. Cana-de-açúcar	13.517	23,9	14.343	24,8	15.460	26,2	18.247	28,7	22.094	32,5
Lixívia	861	1,5	906	1,6	956	1,6	994	1,6	1.039	1,5
Outras Fontes Prim. Renov. (4)	549	1,0	556	1,0	588	1,0	612	1,0	619	0,9
Total	56.570	100	57.943	100	59.037	100	63.631	100	67.911	100

Fonte: São Paulo (2009c) apud Ciclo Ambiental (2011a)

Notas:

(1) 1 tOE = 10.000 Mcal = 41,9GJ

(2) Incluem-se nesta categoria as seguintes fontes: petróleo, óleo diesel, óleo combustível, gasolina, GLP, nafta, querosene, outros energéticos do petróleo e produtos não energéticos.

(3) Incluem-se nesta categoria as seguintes fontes: carvão vapor, carvão metalúrgico e coque de carvão mineral.

(4) Incluem-se nesta categoria as seguintes fontes: caldo de cana, melação, bagaço de cana, álcool anidro e álcool hidratado.

Tabela 21. Consumo Final de Energia, por Fonte e por Setor²⁸ no Estado de São Paulo

Fonte	Ano													
	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Energia Primária	6.971	20,1	7.598	21,0	7.477	20,7	7.858	20,7	7.951	19,9	8.189	19,8	9.094	20,3
Gás Natural	195	0,6	227	0,6	303	0,8	387	1,0	557	1,4	745	1,8	890	2,0
Carvão Vapor	155	0,4	256	0,7	132	0,4	99	0,3	80	0,2	103	0,2	108	0,2
Lenha	1.047	3,0	988	2,7	945	2,6	916	2,4	841	2,1	824	2,0	826	1,8
Bagaço de Cana	5.216	15,1	5.740	15,9	5.690	15,7	5.989	15,8	5.964	15,0	5.962	14,4	6.680	14,9
Lixívia	283	0,8	306	0,8	319	0,9	382	1,0	420	1,1	456	1,1	473	1,1
Outras Primárias	75	0,2	81	0,2	88	0,2	85	0,2	89	0,2	99	0,2	117	0,3
Energia Secundária	27.650	79,9	28.546	79,0	28.728	79,3	30.015	79,3	31.915	80,1	33.210	80,2	35.721	79,7
Derivados do Petróleo	17.263	49,9	17.746	49,1	17.900	49,4	18.697	49,4	20.026	50,2	20.996	50,7	23.209	51,8
Óleo Diesel	5.221	15,1	5.461	15,1	5.543	15,3	5.567	14,7	5.798	14,5	6.051	14,6	6.646	14,8
Óleo Combustível	4.100	11,8	3.896	10,8	4.000	11,0	4.058	10,7	4.217	10,6	4.145	10,0	4.519	10,1
Gasolina	2.522	7,3	2.804	7,8	2.830	7,8	2.873	7,6	3.472	8,7	3.796	9,2	4.444	9,9
GLP	1.489	4,3	1.522	4,2	1.548	4,3	1.636	4,3	1.667	4,2	1.699	4,1	1.955	4,4
Nafta	1.369	4,0	1.360	3,8	1.091	3,0	1.467	3,9	1.426	3,6	1.487	3,6	1.508	3,4
Querosene	596	1,7	709	2,0	750	2,1	911	2,4	1.039	2,6	1.317	3,2	1.551	3,5
Gás Canalizado	124	0,4	118	0,3	100	0,3	93	0,2	64	0,2	32	0,1	11	0,0
Gás de Refinaria	424	1,2	482	1,3	559	1,5	702	1,9	835	2,1	839	2,0	842	1,9
Out. Energ. do Petróleo	404	1,2	424	1,2	457	1,3	407	1,1	449	1,1	462	1,1	455	1,0
Produtos não Energéticos	1.014	2,9	970	2,7	1.022	2,8	983	2,6	1.059	2,7	1.168	2,8	1.278	2,9
Gás de Coqueria	284	0,8	285	0,8	288	0,8	299	0,8	290	0,7	303	0,7	321	0,7
Coque de Carvão Mineral	1.204	3,5	1.290	3,6	1.279	3,5	1.244	3,3	1.411	3,5	1.303	3,1	1.292	2,9
Eletricidade	6.389	18,5	6.594	18,2	6.634	18,3	7.061	18,6	7.310	18,3	7.667	18,5	7.868	17,6
Carvão Vegetal	184	0,5	177	0,5	171	0,5	163	0,4	159	0,4	152	0,4	147	0,3
Derivados da Cana	2.326	6,7	2.454	6,8	2.456	6,8	2.551	6,7	2.719	6,8	2.789	6,7	2.884	6,4
Álcool Anidro	248	0,7	335	0,9	382	1,1	542	1,4	598	1,5	697	1,7	794	1,8
Álcool Hidratado	2.078	6,0	2.119	5,9	2.074	5,7	2.009	5,3	2.121	5,3	2.092	5,1	2.090	4,7
Total	34.621	100	36.144	100	36.205	100	37.873	100	39.866	100	41.399	100	44.815	100

Fonte	Ano													
	1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Energia Primária	9611	20,1	10246	21,2	10163	20,9	8665	18,7	10361	22,4	11131	24,1	12237	25,7
Gás Natural	998	2,1	975	2,0	1.045	2,1	1.253	2,7	1.567	3,4	2.057	4,5	2.639	5,5
Carvão Vapor	50	0,1	42	0,1	40	0,1	36	0,1	34	0,1	34	0,1	30	0,1
Lenha	827	1,7	828	1,7	837	1,7	868	1,9	872	1,9	858	1,9	835	1,8
Bagaço de Cana	7.115	14,9	7.822	16,2	7.614	15,7	5.812	12,5	7.203	15,5	7.472	16,2	7.970	16,7
Lixívia	497	1,0	457	0,9	510	1,0	583	1,3	580	1,3	611	1,3	669	1,4
Outras Primárias	124	0,3	122	0,3	117	0,2	113	0,2	105	0,2	99	0,2	94	0,2
Energia Secundária	38.145	79,9	38.185	78,8	38.482	79,1	37.751	81,3	35.990	77,6	35.013	75,9	35.392	74,3
Derivados do Petróleo	25.319	53,0	25.724	53,1	25.873	53,2	25.399	54,7	24.759	53,4	23.428	50,8	23.084	48,5
Óleo Diesel	7.327	15,3	7.421	15,3	7.588	15,6	7.666	16,5	7.906	17,1	8.045	17,4	7.748	16,3

Continua

28. Os dados de consumo de combustíveis e consumo setorial foram obtidos no BEESP no ano de 2009 – Base 2008, exceto para o Subsetor Cimento do Setor Industrial, que foram substituídos pelos dados fornecidos pelo SNIC e pela ABCP. Desta forma, os dados de consumo final apresentados neste trabalho não serão mais compatíveis com os dados de consumo final apresentados no BEESP 2009. Isto também é válido para todas as tabelas de emissões de CO₂ e não CO₂ da Abordagem Setorial.

Continuação

Fonte	Ano													
	1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Óleo Combustível	4.863	10,2	4.820	10,0	4.382	9,0	3.825	8,2	3.226	7,0	2.741	5,9	2.251	4,7
Gasolina	4.739	9,9	4.821	10,0	4.944	10,2	4.577	9,9	4.495	9,7	4.212	9,1	3.994	8,4
GLP	2.024	4,2	2.037	4,2	2.203	4,5	2.197	4,7	2.151	4,6	2.023	4,4	1.994	4,2
Nafta	1.992	4,2	2.006	4,1	2.109	4,3	2.184	4,7	2.574	5,6	1.871	4,1	1.969	4,1
Querosene	1.649	3,5	1.912	3,9	1.771	3,6	1.585	3,4	1.333	2,9	1.407	3,0	1.588	3,3
Gás Canalizado	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Gás de Refinaria	809	1,7	744	1,5	822	1,7	962	2,1	966	2,1	1.068	2,3	1.059	2,2
Outros Prod. Energia do Petróleo	486	1,0	529	1,1	677	1,4	1.057	2,3	835	1,8	864	1,9	978	2,1
Produtos não Energéticos	1.430	3,0	1.434	3,0	1.377	2,8	1.346	2,9	1.273	2,7	1.197	2,6	1.503	3,2
Gás de Coqueria	320	0,7	296	0,6	240	0,5	243	0,5	242	0,5	226	0,5	205	0,4
Coque de Carvão Mineral	1.308	2,7	1.324	2,7	1.152	2,4	1.063	2,3	998	2,2	1.003	2,2	1.295	2,7
Eletricidade	8.392	17,6	8.578	17,7	8.765	18,0	9.219	19,9	8.412	18,1	8.599	18,6	9.203	19,3
Carvão Vegetal	143	0,3	138	0,3	132	0,3	128	0,3	126	0,3	122	0,3	119	0,2
Derivados da Cana	2.663	5,6	2.125	4,4	2.320	4,8	1.699	3,7	1.453	3,1	1.635	3,5	1.486	3,1
Álcool Anidro	819	1,7	773	1,6	964	2,0	779	1,7	812	1,8	853	1,8	808	1,7
Álcool Hidratado	1.844	3,9	1.352	2,8	1.356	2,8	920	2,0	641	1,4	782	1,7	678	1,4
Total	47.756	100	48.431	100	48.645	100	46.416	100	46.351	100	46.144	100	47.629	100

Fonte	Ano									
	2004		2005		2006		2007		2008	
	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%	10 ³ tOE	%
Energia Primária	14.053	27,6	15.002	29,2	16.224	30,2	17.814	30,8	20.067	32,6
Gás Natural	3.161	6,2	3.561	6,9	4.079	7,6	4.373	7,6	4.356	7,1
Carvão Vapor	32	0,1	33	0,1	24	0,0	22	0,0	22	0,0
Lenha	839	1,6	854	1,7	870	1,6	879	1,5	895	1,5
Bagaço de Cana	9.211	18,1	9.713	18,9	10.363	19,3	11.616	20,1	13.833	22,5
Lixívia	704	1,4	741	1,4	782	1,5	812	1,4	849	1,4
Outras Primárias	106	0,2	100	0,2	106	0,2	112	0,2	112	0,2
Energia Secundária	36.868	72,4	36.339	70,8	37.511	69,8	40.092	69,2	41.401	67,4
Derivados do Petróleo	23.712	46,6	22.636	44,1	22.690	42,2	23.616	40,8	23.896	38,9
Óleo Diesel	8.047	15,8	8.045	15,7	7.974	14,8	8.481	14,6	9.148	14,9
Óleo Combustível	1.921	3,8	1.543	3,0	1.253	2,3	1.192	2,1	1.029	1,7
Gasolina	4.010	7,9	4.165	8,1	4.183	7,8	4.244	7,3	4.165	6,8
GLP	2.000	3,9	1.948	3,8	1.959	3,6	1.965	3,4	2.035	3,3
Nafta	2.355	4,6	1.727	3,4	1.950	3,6	2.037	3,5	1.648	2,7
Querosene	1.639	3,2	1.720	3,4	1.637	3,0	1.750	3,0	1.891	3,1
Gás Canalizado	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Gás de Refinaria	1.051	2,1	929	1,8	994	1,8	993	1,7	978	1,6
Outros Prod. Energia do Petróleo	1.026	2,0	1.147	2,2	1.402	2,6	1.467	2,5	1.532	2,5
Produtos não Energéticos	1.663	3,3	1.412	2,8	1.338	2,5	1.487	2,6	1.470	2,4
Gás de Coqueria	228	0,4	259	0,5	248	0,5	256	0,4	264	0,4
Coque de Carvão Mineral	1.184	2,3	1.110	2,2	1.106	2,1	1.171	2,0	1.036	1,7
Eletricidade	9.776	19,2	10.226	19,9	10.701	19,9	11.315	19,5	11.645	18,9
Carvão Vegetal	123	0,2	125	0,2	125	0,2	127	0,2	125	0,2
Derivados da Cana	1.845	3,6	1.983	3,9	2.641	4,9	3.607	6,2	4.435	7,2
Álcool Anidro	811	1,6	842	1,6	855	1,6	869	1,5	853	1,4
Álcool Hidratado	1.034	2,0	1.141	2,2	1.786	3,3	2.738	4,7	3.582	5,8
Total	50.921	100	51.341	100	53.735	100	57.906	100	61.468	100

5.1.2 Emissões de CO₂ por Queima de Combustíveis Fósseis

O Inventário das Emissões de CO₂ por Queima de Combustíveis no Estado de São Paulo foi realizado conforme contrato²⁹ firmado entre a CETESB e a Ciclo Ambiental.

As emissões de CO₂ procedentes de fontes de combustão são aquelas em que ocorre a liberação desse composto durante o processo de oxidação (queima) dos combustíveis que contêm carbono. Durante esse processo, a maior parte do carbono é emitida diretamente na forma de CO₂. Porém, uma parte do carbono, em geral bem menor, é liberada na forma de CO, CH₄ e VOC. Todos esses gases se oxidam e se convertem em CO₂ na atmosfera (IPCC, 1996). Como efeito secundário, ocorre também a geração de N₂O e NO_x.

As emissões de CO₂ no Estado de São Paulo, originadas pela queima de combustíveis, foram estimadas utilizando dois métodos do IPCC (1996, 2000a): a Abordagem de Referência (*Top-down*), que utiliza dados de consumo aparente para estimar as emissões de CO₂, e a Abordagem Setorial (*Bottom-up*) que utiliza dados de consumo final por setor para estimar essas emissões. Esses métodos contemplam apenas as emissões da queima de combustíveis fósseis, pois no caso do CO₂ as emissões derivadas da queima da biomassa renovável são consideradas nulas.

Para as estimativas de emissões de CO₂ foram utilizados os dados de oferta de energia e consumo final por setor, obtidos no BEESP (SÃO PAULO, 2009c). Os fatores de emissões adotados nas duas abordagens foram fatores *default* (*Tier1*) do IPCC (1996).

5.1.2.1 Abordagem de Referência (*Top-down*)

A Abordagem de Referência utiliza como dado de entrada para o cálculo das emissões

de CO₂ o consumo aparente dos combustíveis fósseis, que leva em consideração a produção, importação, exportação, *bunkers* internacionais e variação nos estoques de cada um dos combustíveis. As emissões de CO₂ foram calculadas com base nas quantidades consumidas desses combustíveis e no conteúdo de carbono de cada um.

A Tabela 22 e o Gráfico 26 apresentam o resultado das emissões de CO₂ estimadas pela Abordagem de Referência para o período de 1990 a 2008.

As emissões totais de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis passaram de 56.957 Gg_{CO2} em 1990, para 79.231 Gg_{CO2} em 2008, o que representa um crescimento de 39%, ou seja, um crescimento médio anual de 1,85%. No ano de 2008, dentre as emissões do Setor Energético, os combustíveis derivados de petróleo foram responsáveis por 78% das emissões de CO₂, seguido pelo gás natural (14%) e pelo carvão mineral e derivados (8%). O crescimento das emissões de combustíveis fósseis foi inferior ao aumento da oferta interna bruta total de energia no mesmo período, de 75%.

Os combustíveis fósseis tiveram uma participação ligeiramente decrescente na oferta interna bruta total de energia, variando de 53% em 1990 para 45,5% em 2008. Essa participação apresentou a seguinte distribuição: os derivados de petróleo passaram de 48% para 36% da oferta interna bruta total de energia; carvão e derivados, de 5% para 2%; e o gás natural foi o único que apresentou crescimento, de 0,5% para 7%.

O aumento das emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis, menor do que o aumento da oferta interna bruta total de energia, sinaliza um maior uso de combustíveis menos intensivos em carbono (como o gás natural) e também o aumento da participação das fontes renováveis (biomassa) no sistema energético paulista.

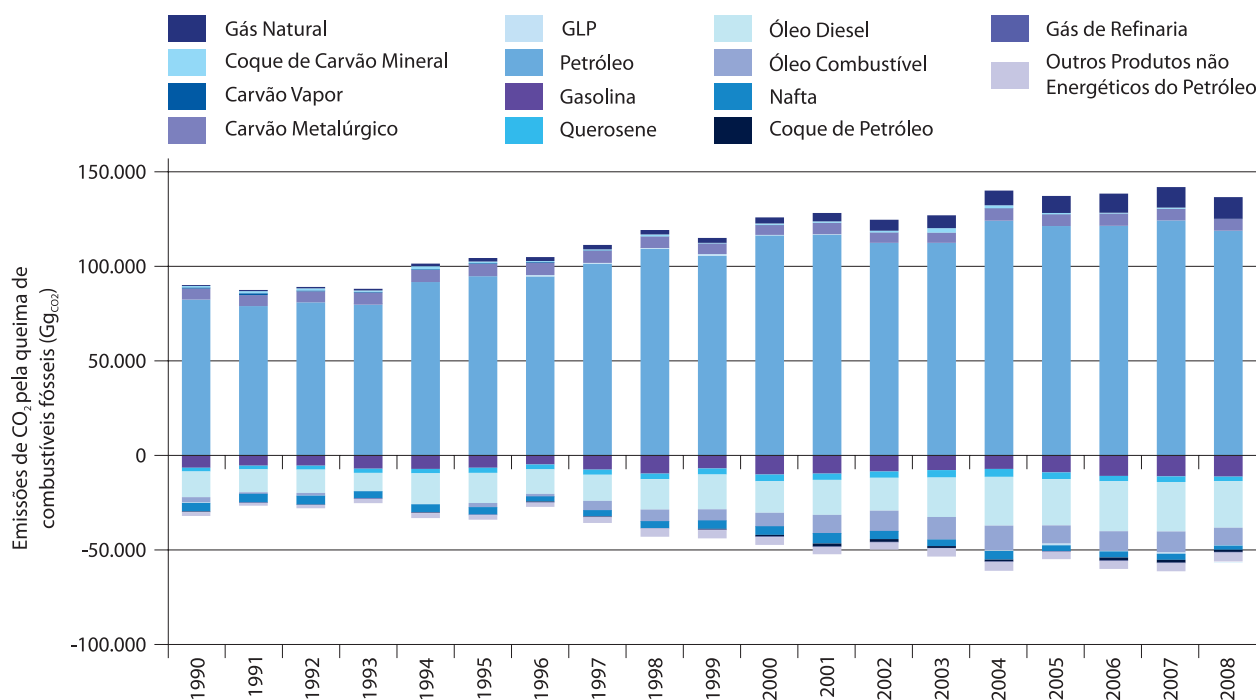
29. O contrato foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo”

Tabela 22. Emissões de CO₂ da Queima de Combustíveis Fósseis no Estado de São Paulo (Gg_{CO2})

Combustíveis	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2}]									
Combustíveis Líquidos	49.376	51.275	51.980	53.396	57.551	59.713	67.023	64.839	65.533	61.519
Petróleo	81.744	78.237	80.206	79.027	90.912	93.955	93.821	100.365	108.329	104.563
Gasolina	-6.549	-5.504	-5.501	-7.095	-7.253	-6.635	-4.852	-7.618	-9.671	-6.928
Querosene	-2.012	-1.953	-2.039	-2.190	-2.329	-2.691	-2.599	-2.703	-2.881	-3.201
Óleo Diesel	-13.422	-11.955	-12.292	-9.861	-16.016	-15.807	-12.827	-13.662	-15.976	-18.325
Óleo Combustível	-2.880	-1.081	-1.523	-48	16	-2.161	-1.712	-5.320	-6.497	-6.189
GLP	-546	-227	-316	-173	-617	-416	735	484	403	970
Nafta	-4.486	-4.486	-4.691	-3.676	-4.126	-3.922	-2.733	-3.143	-3.649	-4.467
Coque de Petróleo	-255	-21	-17	4	-213	-	-226	-247	21	-368
Gás de Refinaria	-175	-200	-234	-292	-348	-350	-350	-336	-259	-322
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	-2.043	-1.535	-1.614	-2.301	-2.474	-2.258	-2.234	-2.982	-4.286	-4.213
Combustíveis Sólidos	7.097	7.896	7.367	7.388	8.292	7.741	7.328	7.128	7.098	5.853
Carvão Metalúrgico	5.752	5.733	5.706	6.304	6.327	6.424	6.439	6.478	5.978	5.508
Carvão Vapor	613	1.013	520	392	318	411	427	202	171	163
Coque de Carvão Mineral	732	1.149	1.141	692	1.647	905	462	448	950	182
Combustíveis Gasosos	484	566	748	954	1.348	1.795	2.101	2.360	2.302	2.606
Gás Natural	484	566	748	954	1.348	1.795	2.101	2.360	2.302	2.606
Total	56.957	59.736	60.094	61.738	67.191	69.249	76.452	74.327	74.933	69.978

Combustíveis	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO2}]									
Combustíveis Líquidos	68.043	63.572	61.466	57.912	61.889	64.013	60.190	61.791	61.646	
Petróleo	115.323	115.706	111.390	111.487	123.010	120.314	120.357	123.147	117.779	
Gasolina	-10.122	-9.626	-8.620	-7.882	-7.164	-9.042	-10.829	-11.085	-11.223	
Querosene	-3.607	-3.379	-3.210	-3.838	-4.220	-3.619	-2.833	-3.032	-2.347	
Óleo Diesel	-16.471	-18.322	-17.281	-20.680	-25.570	-24.235	-26.215	-25.877	-24.511	
Óleo Combustível	-7.510	-9.973	-11.092	-11.997	-13.029	-9.511	-10.297	-11.079	-9.351	
GLP	240	303	-	-264	-748	-1.281	-695	-1.025	-484	
Nafta	-4.529	-5.467	-4.180	-3.498	-4.475	-2.995	-3.245	-3.200	-2.210	
Coque de Petróleo	-878	-1.542	-1.488	-874	-932	-25	-1.542	-1.496	-1.074	
Gás de Refinaria	-403	-348	-381	-364	-348	-311	-331	-331	-325	
Outros Prod. Não Energ. Petróleo	-4.000	-3.781	-3.672	-4.179	-4.635	-3.948	-4.179	-4.231	-4.608	
Combustíveis Sólidos	5.993	6.727	6.408	7.714	8.088	6.746	6.856	6.761	6.135	
Carvão Metalúrgico	5.197	5.780	5.376	5.166	6.513	6.055	6.443	6.059	6.152	
Carvão Vapor	147	140	140	120	132	136	93	85	89	
Coque de Carvão Mineral	648	808	892	2.428	1.442	555	320	617	-107	
Combustíveis Gasosos	3.195	4.321	5.744	6.665	7.778	9.033	10.098	10.793	11.449	
Gás Natural	3.195	4.321	5.744	6.665	7.778	9.033	10.098	10.793	11.449	
Total	77.231	74.621	73.618	72.291	77.754	79.792	77.144	79.345	79.231	

Nota: as emissões negativas indicam que essas ocorreram fora do Estado de São Paulo. As quantidades de combustível que geraram aquelas emissões referem-se à exportação, variação de estoque ou *bunker* internacional.

Gráfico 26. Emissões de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂})

Nota: as emissões negativas indicam que essas ocorreram fora do Estado de São Paulo. As quantidades de combustível que geraram aquelas emissões referem-se à exportação, variação de estoque ou *bunker* internacional.

5.1.2.2 Abordagem Setorial (*Bottom-up*)

A Abordagem Setorial utiliza as categorias de fontes definidas pelo IPCC para estimar as emissões de CO₂ e outros GEE. Esse detalhamento setorial das emissões de CO₂ é necessário para subsidiar discussões referentes ao monitoramento e à redução dessas emissões. A Tabela 23 apresenta as emissões por combustível, enquanto a Tabela 24 apresenta as mesmas emissões por setor de atividade para o período de 1990 a 2008.

As emissões de CO₂ oriundas da queima de combustíveis fósseis no Estado de São Paulo no ano de 2008 foram estimadas em 79.690 Gg_{CO₂}. Essas emissões cresceram cerca de 47% no período de 1990 a 2008, ou seja, um aumento médio anual de quase 2,15%.

O combustível que teve a maior participação nas emissões de CO₂ foi o óleo diesel (33% em 2005), apresentando um aumento de 54% ao longo do período de 1990 a 2005. O segundo combustível que mais contribuiu foi a gasolina (16%), com uma taxa de crescimento de 65%. O gás natural ficou em

terceiro lugar na contribuição das emissões de CO₂ (12%), porém foi o combustível que apresentou o maior crescimento no período analisado (1.870%). Este aumento deveu-se à sua maciça introdução na matriz energética brasileira, seja para uso em usinas térmicas para a geração de energia elétrica, seja como combustível veicular e principalmente como substituto de outros combustíveis na produção de energia térmica, nos Setores Residencial e, principalmente, Industrial.

Os dados de consumo de combustíveis e consumo setorial foram obtidos no BEESP no ano de 2009 – Base 2008, exceto para o Subsetor Cimento do Setor Industrial, cujos dados foram fornecidos pelo Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e pela Associação Brasileira do Cimento Portland (ABCP), razão pela qual os dados de consumo final apresentados neste Inventário diferem dos dados de consumo final apresentados no BEESP 2009. Isto também é válido para todas as Tabelas de emissões de CO₂ e não CO₂ da Abordagem de Referência.

Tabela 23. Emissões de CO₂ da Queima de Combustíveis Fósseis no Estado de São Paulo por tipo de combustível (Gg_{CO2})

Combustíveis	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
	[Gg _{CO2}]										
Querosene	295	244	209	203	185	203	107	110	125	119	125
Querosene de Aviação	1.473	1.858	2.015	2.498	2.895	3.702	4.490	4.777	5.542	5.130	4.573
Óleo Diesel	16.035	16.756	17.002	17.082	17.794	18.571	20.400	22.510	22.886	23.320	23.580
Óleo Combustível	14.668	14.026	14.142	14.113	14.767	14.367	16.656	17.304	16.358	15.854	14.183
Gasolina	7.244	8.054	8.129	8.253	9.973	10.904	12.765	13.612	13.848	14.201	13.147
GLP	3.892	3.978	4.046	4.276	4.357	4.441	5.111	5.291	5.325	5.759	5.743
Coque de petróleo	1.689	1.659	1.789	1.588	1.747	1.810	1.546	1.622	1.350	2.307	3.578
Gás de Refinaria	1.004	1.140	1.321	1.660	1.974	1.982	1.990	1.913	1.810	1.963	2.271
Gás de Coqueria	564	566	572	594	576	602	638	635	587	477	483
Gás Canalizado	290	276	234	215	150	75	26	0	0	0	0
Gás Natural	456	531	708	902	1.297	1.741	2.078	2.330	2.279	2.477	3.101
Carvão a Vapor	58	66	66	43	16	16	8	8	8	8	8
Coque de Carvão Mineral	5.867	6.151	5.974	5.885	6.537	6.156	6.142	6.253	6.302	5.530	4.807
Nafta	832	827	663	892	867	904	917	1.211	1.219	1.282	1.328
Outros Prod. não Energ. Petróleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Combustíveis Alternativos	0	0	0	0	0	0	0	6	130	12	15
Total	54.366	56.133	56.869	58.202	63.135	65.471	72.874	77.583	77.770	78.439	76.942

Combustíveis	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Part. 2008	1990/2008	
	[Gg _{CO2}]								%	%	
Querosene	125	74	71	66	63	48	12	12	0,01	-96,0	
Querosene de Aviação	3.850	4.096	4.635	4.792	5.035	4.804	5.174	5.592	7,02	279,7	
Óleo Diesel	24.289	24.719	23.821	24.742	24.738	24.539	26.101	28.140	35,31	75,5	
Óleo Combustível	11.936	9.316	7.818	6.924	5.885	4.268	4.025	3.652	4,58	-75,1	
Gasolina	12.912	12.099	11.473	11.518	11.964	12.015	12.191	11.964	15,01	65,1	
GLP	5.623	5.288	5.213	5.228	5.092	5.121	5.137	5.319	6,67	36,7	
Coque de petróleo	2.800	2.575	2.825	2.938	3.306	4.439	4.735	4.890	6,14	189,6	
Gás de Refinaria	2.338	2.588	2.580	2.574	2.271	2.433	2.430	2.394	3,00	138,5	
Gás de Coqueria	481	449	407	453	514	493	508	524	0,66	-7,0	
Gás Canalizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	-100,0	
Gás Natural	4.251	5.630	6.635	7.736	8.986	10.049	10.732	11.386	14,29	2.398,5	
Carvão a Vapor	8	8	8	8	8	8	8	8	0,01	-86,7	
Coque de Carvão Mineral	4.443	4.465	5.774	5.157	4.842	4.914	5.323	4.706	5,90	-19,8	
Nafta	1.565	1.137	1.197	1.432	1.050	1.185	1.238	1.002	1,26	20,4	
Outros Prod. não Energ. Petróleo	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	—	
Combustíveis Alternativos	18	32	46	46	36	63	108	102	0,13	—	
Total	74.614	72.476	72.502	73.613	73.789	74.378	77.722	79.690	100,00	46,6	

Tabela 24. Emissões de CO₂ da Queima de Combustíveis Fósseis do Estado de São Paulo por Atividade (Gg_{CO2})

Setor	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2}]									
Setor Energético Amplo	971	981	1.035	1.010	1.134	875	1.436	1.117	1.053	2.028
Cent. Elétr. Serv. Público	138	151	160	109	208	77	805	375	446	1.363
Cent. Elétr. Auto Produtoras	833	830	875	901	926	798	631	742	607	665
Carvoarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cons. Setor Energético*	3.062	3.084	3.375	3.594	4.034	4.206	4.306	4.365	4.026	3.973
Setor Industrial	18.979	19.182	19.232	19.327	20.651	20.774	21.954	22.978	22.536	21.420
Alimentos e Bebidas	1.608	1.870	1.932	1.996	2.029	1.914	2.168	2.242	2.130	2.028
Cerâmica	514	570	635	719	762	841	879	989	732	968
Cimento	1.511	1.437	1.129	1.066	1.166	1.384	1.841	1.840	1.852	1.876
Ferro Gusa e Aço	6.508	6.886	6.866	6.779	7.591	7.064	7.301	7.641	7.368	6.798
Ferro Liga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineração e Pelotização	82	147	147	147	150	153	145	192	235	245
Não Ferr. Out. Metal	1.850	1.810	1.935	1.749	1.900	1.958	1.618	1.699	1.409	1.511
Papel e Celulose	815	880	904	1.011	1.044	1.427	1.781	1.690	1.683	1.719
Química	3.010	2.368	2.329	2.420	2.472	2.624	2.834	2.838	2.846	2.970
Têxtil	525	516	532	556	581	521	475	441	473	479
Outros	2.556	2.698	2.824	2.883	2.956	2.888	2.913	3.406	3.807	2.826
Setor de Transporte	23.756	25.144	25.531	26.169	29.122	31.276	35.968	39.483	40.904	41.301
Aéreo	1.502	1.887	2.041	2.524	2.924	3.736	4.536	4.838	5.602	5.187
Rodoviário	19.256	20.435	20.845	20.899	23.165	24.688	28.190	30.773	31.389	32.023
Ferrovário	329	270	243	246	258	252	264	283	224	206
Hidroviário	2.669	2.552	2.402	2.500	2.775	2.600	2.978	3.589	3.689	3.885
Setor Comercial	919	786	743	810	803	767	709	755	611	762
Setor Residencial	3.339	3.468	3.524	3.621	3.623	3.637	4.135	4.030	4.180	4.234
Setor Público	216	277	263	249	228	217	278	328	266	304
Setor Agropecuário	2.293	2.384	2.501	2.532	2.673	2.814	3.171	3.316	2.975	3.134
Consumo Não Energético	832	827	663	892	867	904	917	1.211	1.219	1.282
Total	51.305	53.049	53.492	54.610	59.101	61.264	68.568	73.218	73.744	74.465

Setor	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2}]								
Setor Energético Amplo	2.264	2.428	1.577	1.257	1.265	1.718	854	847	1.698
Cent. Elétr. Serv. Público	1.521	1.586	767	522	707	1.031	259	218	911
Cent. Elétr. Auto Produtoras	743	842	810	735	558	687	595	629	787
Carvoarias	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cons. Setor Energético*	4.332	3.760	3.785	3.250	3.102	2.653	2.620	2.627	2.459
Setor Industrial	20.867	19.856	19.062	20.726	20.684	20.931	22.942	24.103	23.815
Alimentos e Bebidas	2.146	2.363	2.263	2.006	1.854	1.891	2.016	2.137	2.355
Cerâmica	952	946	1.150	1.141	1.138	1.374	1.431	1.541	1.642
Cimento	1.795	1.492	1.327	1.065	955	1.046	1.380	1.510	1.567
Ferro Gusa e Aço	6.612	6.281	6.096	7.324	6.747	6.700	6.839	7.087	6.544
Ferro Liga	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineração e Pelotização	236	157	169	180	173	170	170	167	198
Não Ferr. Out. Metal	1.959	1.584	1.449	1.721	1.752	1.787	1.789	1.871	1.923
Papel e Celulose	1.057	1.116	1.234	1.297	1.342	1.415	1.508	1.620	1.491
Química	2.920	2.941	2.832	2.703	2.643	2.934	2.918	3.098	3.268
Têxtil	505	485	435	348	433	483	480	452	462
Outros	2.685	2.491	2.107	2.941	3.647	3.130	4.410	4.620	4.366
Setor de Transporte	40.140	39.259	38.851	38.125	38.956	39.834	39.084	41.020	42.710
Aéreo	4.630	3.913	4.133	4.658	4.821	5.073	4.844	5.200	5.618
Rodoviário	31.782	32.215	32.061	30.901	31.611	32.410	32.018	33.758	35.171
Ferrovário	230	328	362	393	378	399	396	399	457
Hidroviário	3.497	2.803	2.295	2.173	2.146	1.952	1.826	1.663	1.463
Setor Comercial	736	730	717	718	720	673	698	698	710
Setor Residencial	4.138	4.119	4.138	4.228	4.214	4.056	3.972	4.009	4.160
Setor Público	301	326	386	375	441	458	428	431	504
Setor Agropecuário	2.838	2.572	2.823	2.626	2.798	2.416	2.594	2.747	2.634
Consumo Não Energético	1.328	1.565	1.137	1.197	1.432	1.050	1.185	1.238	1.002
Total	72.612	70.855	68.691	69.252	70.510	71.136	71.757	75.093	77.233

*Não incluso na Emissão do Setor Energético Amplo e na Emissão Total, pois essas emissões são contabilizadas no Setor de Refino e Transporte de Óleo e Gás e no Setor de Metalurgia, especificamente na Produção de Aço.

No Gráfico 27 e no Gráfico 28, são apresentadas as emissões de CO₂ em 2005 e 2008.

Gráfico 27. Emissões de CO₂ do Setor de Energia por Subsetor em 2005 no Estado de São Paulo (71.136 Gg)

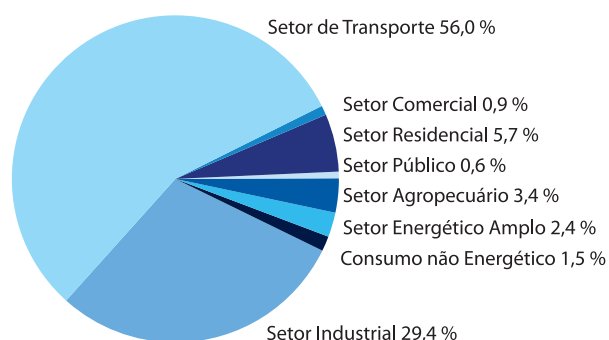
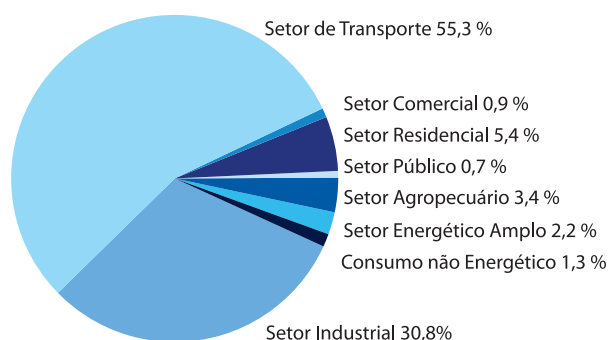


Gráfico 28. Emissões de CO₂ do Setor de Energia por Subsetor em 2008 no Estado de São Paulo (77.233 Gg)



Dentre os setores que mais contribuíram para o aumento das emissões de CO₂, merece destaque o de Transportes (56% em 2005), sendo que o segmento Rodoviário foi responsável por 81% das emissões totais do transporte. O Setor Industrial contribuiu com outros 29% destas emissões. O Subsetor Industrial que mais contribuiu para as emissões de CO₂ foi o de Ferro-Gusa e Aço, com 32% devido ao consumo energético pela indústria. As emissões do Setor Industrial cresceram 25% no período de 1990 a 2008.

A Tabela 25 apresenta a comparação entre as estimativas das emissões de CO₂ obtidas a partir das duas abordagens empregadas. A Abordagem de Referência (*Top-down*) utiliza um número maior de variáveis, o que pode contribuir para a pequena diferença observada, que deve ser de 2% (BRASIL,

2010b). Na Tabela 25, observa-se que as quantidades obtidas na Abordagem de Referência são um pouco maiores do que na Abordagem Setorial. Entretanto, esta última não contabiliza as perdas de energia na transformação e na distribuição, o que resulta em uma estimativa um pouco menor. Segundo a Comunicação Nacional, o cálculo na Abordagem Setorial é mais simples, feito diretamente com os dados de consumo dos combustíveis, conforme a aplicação do método. Na Abordagem de Referência, o consumo aparente resulta da consideração sobre produção, importação, exportação e variação de estoques (BRASIL, 2010a).

Os resultados das estimativas das emissões setoriais foram os empregados para estimar os totais, somando esses aos resultados dos demais setores.

Tabela 25. Emissões de CO₂ da Queima de Combustíveis Fósseis estimadas pelas Abordagens de Referência (*Top-down*) e Setorial (*Bottom-up*) no Estado de São Paulo

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Abordagem de Referência [Gg _{CO2}] (A)	56.958	59.736	60.094	61.738	67.191	69.249	76.452	74.327	74.933	69.978
Abordagem Setorial [Gg _{CO2}] (B)	51.305	53.049	53.492	54.610	59.101	61.264	68.568	73.218	73.744	74.465
Diferença (%) ((A-B)/B)*100	11,0	12,6	12,3	13,1	13,7	13,0	11,5	1,5	1,6	-6,0
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Abordagem de Referência [Gg _{CO2}] (A)	77.231	74.621	73.618	72.291	77.754	79.792	77.144	79.345	79.231	
Abordagem Setorial [Gg _{CO2}] (B)	72.612	70.855	68.691	69.252	70.510	71.136	71.757	75.093	77.233	
Diferença (%) ((A-B)/B)*100	6,4	5,3	7,2	4,4	10,3	12,2	7,5	5,7	2,6	

5.1.3 Emissões de GEE Não CO₂ e GEE Indiretos por Queima de Combustíveis

Nas fontes estacionárias, as emissões de gases não CO₂, tais como o CH₄ e outros poluentes, como o CO e os VOC, são resultado da combustão incompleta dos combustíveis. O IPCC (1996) também considera o NO_x e o N₂O nessas estimativas. Para estimar as emissões dos outros GEE não CO₂ são utilizados os mesmos setores das estimativas das emissões de CO₂ e a somatória de todas as emissões, inclusive as originadas pela queima de combustíveis oriundos da biomassa.

Para esta estimativa foi utilizado o *Tier 1*, pois ainda não foram encontrados dados específicos de tecnologia por Setor para definir os fatores de emissão locais. De modo geral, por se tratar do cálculo de emissões ocasionadas pelo consumo final de combustíveis, foi possível realizar todas as etapas do método do IPCC. Somente para os combustíveis derivados de produtos da cana não foram feitos os cálculos das emissões para os gases N₂O, CO, NO_x e VOC, pois os dados *default* não são para este tipo de biomassa, particularmente importante na composição da matriz energética paulista e porque não existem

ainda estudos que consolidem os fatores de emissão desses gases para produtos da cana.

A Tabela 26 apresenta as emissões totais dos GEE não CO₂ e poluentes oriundos da queima de combustíveis no Estado de São Paulo durante o período de 1990 a 2008.

Em 2008, todos os gases não CO₂ apresentaram aumento de emissões, sendo que a maior taxa de crescimento para o período de 1990 a 2008 foi do N₂O, de 182 %. A seguir é apresentada uma análise mais detalhada do resultado das emissões para os gases não CO₂.

Metano

No ano de 2005, a queima de combustíveis no Estado de São Paulo emitiu 28 Gg de CH₄. As emissões, no período de 2005 a 2008, aumentaram em 21 %.

Em 2005, o Setor que apresentou a maior emissão de CH₄ foi o Industrial, com 55%. Desse total, a participação do Subsetor de Alimentos e Bebidas, representou 73%, seguido pelo Setor de Transportes com 26%.

Óxido Nitroso

No ano de 2005, o Estado de São Paulo emitiu 3 Gg de N₂O pela queima de combustíveis. As

Tabela 26. Emissões de CH₄, N₂O, NO_x, CO e VOC no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CH ₄ *	16	17	17	18	19	20	21	22	24	24
N ₂ O*	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
NO _x	369	381	385	391	427	444	500	545	547	557
CO	571	585	587	600	637	665	731	784	781	799
VOC	219	238	240	243	284	307	355	380	386	395

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]								
CH ₄ *	22	23	24	25	27	28	29	32	34
N ₂ O*	2	2	2	2	2	3	3	3	3
NO _x	541	524	515	504	514	514	511	534	549
CO	802	792	784	769	792	804	812	842	867
VOC	372	365	348	332	335	345	344	353	353

*Emissões referentes ao consumo do Setor Energético não foram incluídas no Setor Energético Amplo e na Emissão Total, pois essas emissões são contabilizadas no Setor de Refino e Transporte de Óleo e Gás e no Setor de Metalurgia, especificamente na Produção de Aço.

emissões no período de 2005 a 2008 aumentaram em 23%.

Em 2005, o Setor que apresentou a maior emissão de N₂O foi o Industrial, com 74%, devido à participação do Subsetor de Alimentos e Bebidas, com 79%; seguido pelo Setor Energético Amplo com 7%.

Monóxido de Carbono

No ano de 2005, o Estado de São Paulo emitiu 804 Gg_{CO} pela queima de combustíveis. As emissões no período de 2005 a 2008 aumentaram em 8%.

Em 2005, o Setor que apresentou a maior emissão de CO foi o de Transportes com 57%, em função da participação do modal Rodoviário, com 90% das emissões, seguido pelo Setor Industrial, com 28%.

Óxido de Nitrogênio

No ano de 2005, o Estado de São Paulo emitiu 514 Gg_{NOx} pela queima de combustíveis. As

emissões no período de 2005 a 2008 aumentaram em 7%.

Em 2005, o setor que apresentou a maior emissão de NOx foi o de Transportes com 76%, devido à participação do segmento Rodoviário com 85%, seguido pelo Setor Industrial com 12%.

Compostos Orgânicos Voláteis

No ano de 2005, o Estado de São Paulo emitiu 345 Gg_{VOC} pela queima de combustíveis. As emissões no período de 2005 a 2008 aumentaram em 2%.

Em 2005, o Setor que apresentou a maior emissão de VOC foi o de Transportes com 94%, devido à participação do segmento rodoviário com 97% dessas emissões.

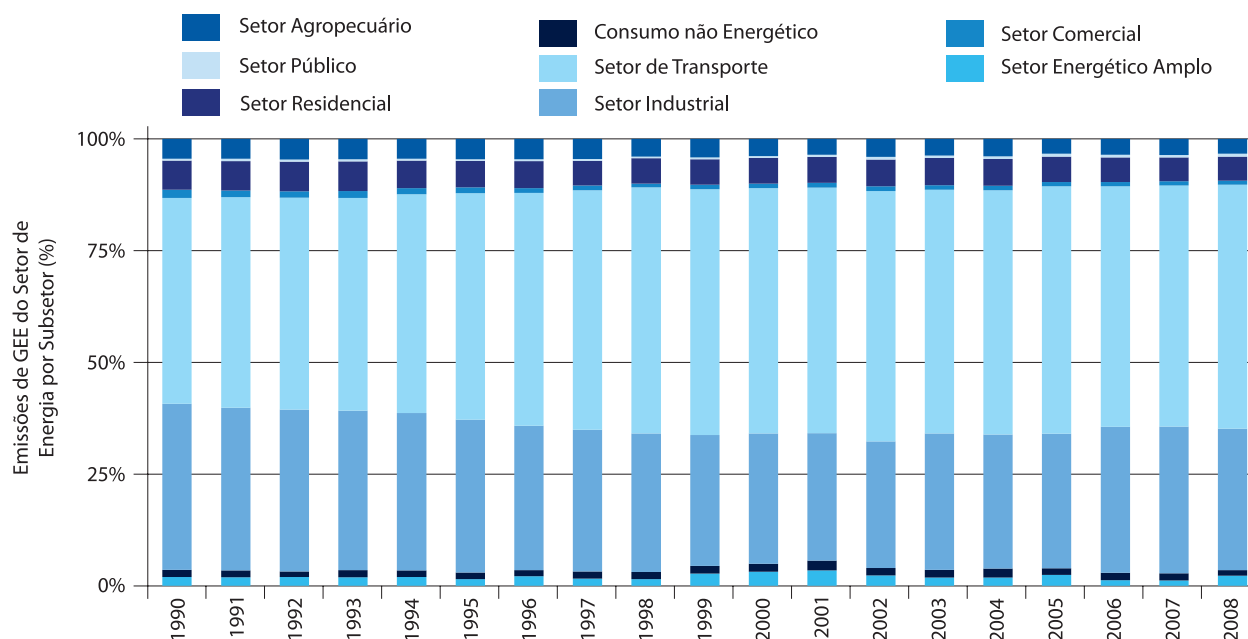
A Tabela 27 e o Gráfico 29 apresentam as emissões totais dos GEE em CO_{2eq} oriundos da queima de combustíveis por subsetor no Estado de São Paulo durante o período de 1990 a 2008.

Tabela 27. Emissões de GEE da Queima de Combustíveis pela Abordagem Setorial no Estado de São Paulo por Subsetor de Atividade (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
Subsetor Energético Amplo	1.018	1.032	1.089	1.065	1.197	942	1.512	1.187	1.126	2.101
Consumo não Energético	832	827	663	892	867	904	917	1.211	1.219	1.282
Subsetor Industrial	19.325	19.570	19.626	19.752	21.107	21.255	22.466	23.523	23.205	22.117
Subsetor de Transporte	23.925	25.326	25.719	26.364	29.340	31.514	36.238	39.770	41.191	41.597
Subsetor Comercial	946	813	770	837	830	794	732	778	633	784
Subsetor Residencial	3.398	3.528	3.584	3.684	3.687	3.701	4.200	4.096	4.246	4.301
Subsetor Público	217	278	264	250	229	218	279	329	267	305
Subsetor Agropecuário	2.309	2.400	2.517	2.548	2.690	2.834	3.192	3.338	2.996	3.155
Total	51.970	53.773	54.232	55.393	59.948	62.163	69.536	74.230	74.882	75.642

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]								
Subsetor Energético Amplo	2.334	2.500	1.649	1.330	1.346	1.800	945	936	1.793
Consumo não Energético	1.328	1.565	1.137	1.197	1.432	1.050	1.185	1.238	1.002
Subsetor Industrial	21.445	20.537	19.788	21.508	21.543	21.829	23.890	25.146	24.956
Subsetor de Transporte	40.415	39.521	39.117	38.389	39.232	40.121	39.377	41.342	43.050
Subsetor Comercial	758	752	739	740	741	694	719	719	731
Subsetor Residencial	4.205	4.186	4.201	4.285	4.271	4.114	4.031	4.069	4.224
Subsetor Público	302	327	387	376	442	459	429	432	505
Subsetor Agropecuário	2.859	2.589	2.843	2.643	2.818	2.432	2.611	2.768	2.651
Total	73.645	71.977	69.862	70.467	71.826	72.499	73.187	76.649	78.912

Nota: Neste total não estão incluídas as emissões de refino e transporte de óleo e derivados. As emissões de GEE são a soma das emissões de CO₂, CH₄ e N₂O.

Gráfico 29. Emissões de GEE do Setor de Energia por Setor do Estado de São Paulo (%)

5.1.4 Refino e Transporte de Óleo e Derivados

O Inventário das Emissões de GEE por Refino e Transporte de Óleo e Derivados do Petróleo no Estado de São Paulo foi realizado conforme cooperação³⁰ firmada em 2010 entre a CETESB e a PETROBRAS.

Em 2002, a PETROBRAS implementou um Sistema Informatizado de Gestão de Emissões Atmosféricas, o SIGEA[®]. Através desse sistema, obtém-se de todas as unidades um inventário, calculado com base em dados de consumo e operação de cada equipamento. Desse modo, o Relatório de Referência de Emissões de GEE no Estado de São Paulo foi elaborado pela própria PETROBRAS com a finalidade de subsidiar a elaboração do Inventário de GEE do Estado de São Paulo no Setor de Energia (PETROBRAS, 2011). Esse Inventário contempla os seguintes gases: CO₂, CH₄ e N₂O. As emissões relatadas contemplam a operação das instalações da PETROBRAS no período avaliado, podendo as quantidades serem menores que as resultantes do cálculo para a plena carga.

As atividades que abrangem o Inventário na agregação dos dados são: atividade de refino, atividade de transporte e distribuição de petróleo e derivados e atividade de geração de energia elétrica.

O relatório segue o método do IPCC (1996, 2000a), que estabelece três níveis de rigor para as estimativas das emissões atmosféricas. O *Tier 1* que estima as emissões atmosféricas por aproximação de fatores agregados, e o *Tier 2* e o *Tier 3* que aproximam o inventário de emissões atmosféricas com detalhes de informações desagregadas. Foi utilizada também uma árvore de decisões, sendo que o seu entendimento foi mapeado de acordo com os processos adotados no Inventário das Emissões no Refino e Transporte de Óleo e Derivados de Petróleo (PETROBRAS, 2011).

As emissões estão divididas em duas categorias: refino e transporte de óleo e derivados. As emissões do refino ocorrem pela combustão e as emissões do transporte de óleo e derivados ocorrem quando existem fugas de CH₄ durante o transporte e distribuição em dutos e durante os processamentos em refinarias.

30. A cooperação foi firmada no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Para estimar as fontes de emissão de CO₂ do refino, foi considerada uma árvore de decisão do IPCC que definiu o nível de rigor *Tier 3*. Para as fontes de emissão de CH₄ e N₂O do refino, a árvore de decisão direcionou o uso do *Tier 2*. As emissões de CH₄ e N₂O devidas ao transporte de óleo e derivados foram estimadas de acordo com os fatores de emissão de literatura adequados e dados detalhados de infraestrutura local (PETROBRAS, 2011).

Para as fontes de emissões por refino e transporte de óleo e derivados, no período de 1990 a 2002, a estimativa é feita por atividade e leva em conta fatores específicos. Para as fontes de emissões por transporte de óleo e derivados, entre os anos 2003 a 2008, são considerados: o hidrogênio (H₂), a tocha, as tochas de abastecimento, as fugitivas por componentes, o gás ventilado, a despressurização de linha e o *pigging*. No período de 2003 a 2008 foram empregados os dados do SIGEA[®], sendo que as emissões de CO₂ provenientes de fornos, caldeiras, motores e turbinas foram calculadas por estequiometria. As emissões de CH₄ e N₂O foram calculadas a partir de fatores de emissão, para cada tipo de fonte: fornos e caldeiras, motores, turbinas, regenerador Craqueamento Cata-

lítico Fluido (FCC) e as Unidades de Recuperação de Enxofre (URE).

Por fim, os cálculos das emissões de CO₂ foram realizados com base nas características médias dos seguintes combustíveis: óleo diesel, óleo combustível, gás combustível ou gás de refinaria, gás natural, gás de purga, gás ácido, gás amoniacal e coque. O método de inventário, segundo a PETROBRAS (2011), permite que seja identificado qual combustível é utilizado na queima por fonte de emissões, o que aumenta a integridade dos dados.

Os resultados foram apresentados por categoria, sendo que, para cada uma, estão incluídas as atividades desenvolvidas no Estado de São Paulo, o consumo de combustível por tipo de fonte de emissão e a descrição das características dos combustíveis. As categorias têm seus resultados subdivididos em períodos, pois os métodos utilizados nos períodos de 1990 a 2002 e de 2003 a 2008 foram diferentes. Nas Tabelas 28, 29 e 30, foram apresentadas as emissões totais de GEE do Refino e Transporte de Óleo e Derivados, em Gg e em Gg_{CO₂eq}.

Tabela 28. Emissões de GEE da Combustão no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	4.997	4.903	5.043	5.021	5.590	5.724	5.956	6.461	6.876	6.689
CH ₄	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
N ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	7.412	7.309	7.032	7.252	7.339	7.306	7.477	7.986	7.971	
CH ₄	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	
N ₂ O	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

Tabela 29. Emissões de GEE de Fugitivas no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	93	91	94	93	104	107	111	120	128	124
CH ₄	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,045
N ₂ O	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00005	0,00005	0,00005	0,00006	0,00006	0,00006
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	137	134	129	132	147	143	141	142	130	
CH ₄	0,234	0,409	0,420	0,002	0,615	2,069	4,398	1,605	0,898	
N ₂ O	0,00006	0,00006	0,00006	0,00000	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	

Tabela 30. Emissões totais de GEE da Combustão e Fugitivas no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
CO ₂	5.090	4.994	5.137	5.115	5.694	5.831	6.066	6.582	7.004	6.813
CH ₄	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
N ₂ O	17	16	17	17	19	19	20	21	23	22
Total	5.108	5.012	5.155	5.133	5.714	5.851	6.088	6.605	7.029	6.838
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
CO ₂	7.549	7.443	7.161	7.384	7.486	7.448	7.618	8.128	8.102	
CH ₄	7	10	11	2	15	45	94	39	24	
N ₂ O	25	25	24	22	25	24	25	27	28	
Total	7.580	7.478	7.195	7.408	7.526	7.518	7.737	8.195	8.154	

Abrangência

1. Os resultados não incluem as atividades de geração de energia elétrica (UTE Fernando Gasparian)
2. O transporte de óleo e derivados inclui terminais, bases, estações de compressão, estações de bombeamento, oleodutos e gasodutos.
3. Não inclui transporte terrestre por veículos automotores.

Correções:

1. Os valores foram corrigidos pela exclusão da dupla contagem das emissões de tochas (tocha + tocha de abastecimento). Foram eliminados os valores da rubrica tocha nos resultados de fugitivas do refino.

5.1.5 Transportes

No Setor de Transportes, foram inventariados o transporte Aéreo, Ferroviário, Aquaviário e Rodoviário do estado.

5.1.5.1 Transporte Aéreo

O Inventário das Emissões de GEE Associadas ao Transporte Aéreo do Estado de São Paulo foi realizado conforme convênio³¹ firmado

entre a CETESB e o Instituto Mauá de Tecnologia (IMT).

Foram abordadas as emissões dos GEE: CO₂, CH₄ e N₂O e dos GEE Indiretos: CO, NOx e VOC, relativas à aviação civil que, segundo o IPCC (2000a), incluem todas as emissões provenientes de aviões civis com finalidade de uso comercial, tanto internacional quanto doméstico, compreendendo os voos regulares e fretados, inclusive o táxi aéreo e

31. O convênio foi firmado com recursos do contrato entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

a aviação geral. Não foi possível levantar os dados referentes à aviação militar no Estado de São Paulo e, por isso, suas emissões não foram estimadas.

Segundo o IPCC (2000a), o voo é dividido em dois estágios: o ciclo de pouso e decolagem (LTO), que inclui todas as atividades próximas ao aeroporto com altitude inferior a 914m; e o cruzeiro, que ocorre em altitude superior a 914m.

Os gases emitidos pelos motores das aeronaves são compostos por aproximadamente 70% de CO₂, pouco menos de 30% de vapor de água e menos de 1% de NO_x, CO, óxidos de enxofre (SO_x), particulados e traços de outros compostos. As turbinas mais modernas emitem pequena ou nenhuma quantidade de N₂O (IPCC, 2006).

Para estimar a emissão dos GEE provenientes da queima de combustível da aviação, utilizou-se os métodos do IPCC (1996, 2000a, 2006). De acordo com este último, existem três roteiros para os cálculos das emissões de GEE, baseando-se no grau de rigor, denominados *Tier 1*, *Tier 2a* e *Tier 2b*. O *Tier 1* é baseado na quantidade de combustível consumido pela aviação civil multiplicado por um fator de emissão médio, cujo cálculo considera todas as fases do voo, admitindo que 10% do combustível é utilizado durante o estágio de LTO. O *Tier 2*, além de considerar o combustível consumido, faz distinção entre as emissões liberadas abaixo e acima de 914m, ou seja, divide as emissões nos estágios de LTO e cruzeiro (IPCC, 2000a). O *Tier 2* é ainda subdividido em *Tier 2a*, baseado no movimento agregado das aeronaves e *Tier 2b*, baseado no movimento individual das aeronaves.

As estimativas das emissões de GEE para o Setor de Transporte Aéreo foram calculadas separadamente de acordo com o tipo de combustível (Querosene de aviação - QAV e a Gasolina de Aviação - AVGAS), reportando

as emissões de voos internacionais separadamente das emissões nacionais totais.

Conforme recomendado pelo IPCC (2006), para o cálculo das emissões de GEE por aeronaves movidas a AVGAS, foi utilizado o *Tier 1*, por não existirem dados detalhados sobre os tipos de aeronave e tampouco sobre o LTO acumulado. Nesse caso, não existe diferença entre voo doméstico e internacional, pois o consumo foi considerado como sendo exclusivamente do Estado de São Paulo, já que, de acordo com IPCC (1996), a AVGAS é utilizada apenas em pequenas aeronaves com motor a pistão. Além disso, o *Tier 2* é aplicável apenas para o QAV, utilizado em motores a jato (IPCC, 2000a).

As emissões de GEE de aeronaves movidas a QAV foram divididas em dois grupos, aviação regular³² e não regular³³, e em dois períodos (1990 a 1998 e 1999 a 2008). Para a aviação não regular, devido à inexistência de dados mais detalhados, utilizou-se o *Tier 1*. Para a aviação regular (voos domésticos e internacionais), foram aplicados diferentes *Tiers* para cada período. No período de 1999 a 2008, devido a existência de dados de LTO por tipo de aeronave, utilizou-se o *Tier 2b*. Para os anos anteriores foi adotado o *Tier 1*.

Para relatar separadamente as emissões originadas em voos domésticos das originadas em voos internacionais, é necessário, no levantamento de dados, desagregar os usos de combustível em doméstico e internacional. Para o período de 1999 a 2008, existem dados de combustível utilizado em voos domésticos e em voos internacionais. Para o período de 1990 a 1998, pela impossibilidade de acesso a estes dados, foi feita uma estimativa através do cálculo da proporção entre uso de combustível para voos domésticos e internacionais baseado no consumo do período em que os dados estavam disponíveis.

32. Neste inventário considerou-se aviação regular os voos realizados por empresas aéreas regulares, para se adequar aos dados coletados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que subdivide seus dados baseados nas informações das empresas aéreas regulares, e não em voos regulares.

33. É considerada aviação não regular os voos realizados por táxi aéreo, serviços aéreos especializados e aviação suplementar.

Foram utilizados os fatores de emissão *default* do IPCC, sendo necessário adotar algumas premissas para suprir a falta de informações específicas e a inexistência de recomendações para inventários estaduais, uma vez que as orientações do IPCC são voltadas para inventários nacionais. Futuramente, espera-se que algumas dessas premissas possam ser descartadas, à medida que a obtenção dos dados seja aperfeiçoada (IMT, 2011a).

Nos voos interestaduais, com origem ou destino em São Paulo, assumiu-se que metade do combustível consumido pertence ao Estado de São Paulo. Essa premissa se justifica devido ao fato de os estados de origem e destino dos voos serem os “beneficiados” com essas viagens, e por isso, devem dividir a responsabilidade por essa emissão (FABER et al, 2007 apud IMT, 2011a).

Conforme o IPCC (2000a), os voos internacionais com escalas devem ter cada uma de suas etapas classificadas em doméstica ou internacional. Em voos internacionais com escala dentro do mesmo país, esta etapa foi considerada doméstica apenas para voos realizados por empresas brasileiras (IMT, 2011a).

Os dados para a aviação não regular foram retirados dos Anuários do Transporte Aéreo (ANAC, 2010), onde são apresentados os consumos de combustível para a aviação não regular (divididos por regiões e as sedes das empresas discriminadas por Unidade da Federação).

Segundo o IMT (2011a), o BEESP disponibiliza o consumo de QAV e AVGAS. Estes dados são apresentados na Tabela 31.

Os dados de venda de combustível QAV são utilizados para quantificar o combustível consumido em voos internacionais e os dados de AVGAS para estimar diretamente as emissões dos GEE através do *Tier 1*.

A ANAC (2010, apud IMT, 2011a) possui dados do consumo de combustível de empresas brasileiras por tipo de aeronave para o período de 1999 a 2008, para voos com origem e destino dentro do Estado de São Paulo e voos interestaduais com origem ou destino no Estado de São Paulo. Os dados referentes aos anos anteriores a 1999 não estão disponíveis, assim como os dados de LTO. Por esse motivo, foi necessário estimar o consumo de combustível para voos domésticos para os anos anteriores a 1999. No Gráfico 30, é apresentado o consumo de combustível para o período de 1990 a 2008.

Os resultados das estimativas das emissões de GEE foram calculados separadamente, de acordo com o grau de rigor adotado, o tipo de combustível utilizado (AVGAS e QAV) e o tipo de classificação (doméstico e internacional). Segundo o IPCC (2006), para formar uma série temporal consistente dos resultados obtidos para a aviação regular, deve-se combinar o *Tier 1* e o *Tier 2b*. Para tanto, as estimativas foram comparadas e seus resultados compatibilizados e consolidados.

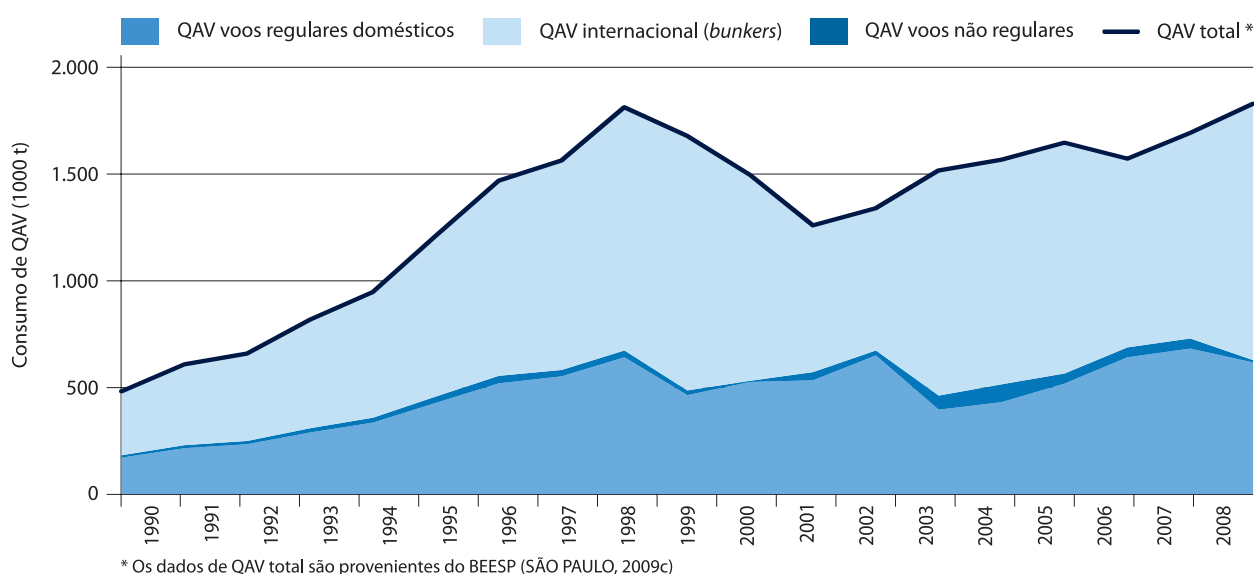
Considerando o GWP dos GEE emitidos em voos domésticos e internacionais, estimados através dos dados da ANAC e do BEESP e aplicando o método do IPCC (1996), pôde-se concluir que o CO₂ é o GEE mais emitido, sendo responsável por 99% das emissões; o

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[10 ³ tOE]									
AVGAS	10	10	9	9	10	12	16	21	21	20
QAV	497	627	680	843	977	1249	1515	1612	1870	1731

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[10 ³ tOE]								
AVGAS	20	22	13	8	10	13	14	9	9
QAV	1543	1299	1382	1564	1617	1699	1621	1746	1887

Tabela 31. Consumo de Combustível para Aviação no Estado de São Paulo (tOE)

Fonte: São Paulo (2009c) apud IMT (2011a)

Gráfico 30. Consumo de QAV no Estado de São Paulo

N_2O representa 0,99% das emissões em CO_{2eq} e o CH_4 representa 0,01% (IMT, 2011a).

Segundo o IMT (2011a), conclui-se que a quantidade de gases emitida nos voos internacionais é 1,6 vezes superior aos domésticos, com exceção da emissão do CH_4 . Da mesma forma, o consumo de combustível pelos voos internacionais foi 1,7 vezes maior que o dos voos domésticos.

Considerando as fases de LTO, isto é, decolagem e aterrissagem, e de cruzeiro da aviação regular doméstica, verificou-se que as emissões da fase de cruzeiro são, em

média, 2,8 vezes superiores às emissões, durante a fase de decolagem e aterrissagem, em massa, com exceção, novamente, do gás CH_4 que, para o estágio de cruzeiro, tem emissão considerada nula.

Com relação ao consumo de combustível, verificou-se que o QAV representou 99% do combustível utilizado durante todo o período de estudo. A AVGAS representou menos de 1% do consumo de combustível no Estado de São Paulo. Na Tabela 32, são apresentadas as emissões de GEE no Transporte Aéreo em Gg.

Tabela 32. Emissões de GEE do Transporte Aéreo no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO_2	600	749	807	994	1.151	1.469	1.786	1.885	2.172	1.582
CH_4	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02
N_2O	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,05
NOx	2,11	2,66	2,87	3,55	4,12	5,26	6,38	6,71	7,76	5,31
CO	1,56	1,95	2,09	2,57	2,97	3,79	4,62	4,91	5,66	4,56
VOC	0,19	0,23	0,25	0,30	0,35	0,44	0,54	0,56	0,64	0,51

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]								
CO_2	1.725	1.856	2.151	1.469	1.642	1.810	2.198	2.315	1.997
CH_4	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
N_2O	0,06	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,07
NOx	5,82	6,00	7,78	5,28	5,87	6,59	8,07	8,83	7,93
CO	4,87	4,95	5,61	3,69	4,05	4,58	5,38	5,53	4,78
VOC	0,52	0,60	0,61	0,49	0,58	0,55	0,63	0,63	0,49

Fonte: São Paulo (2009c) apud CETESB (2011h)

5.1.5.2 Transporte Ferroviário

O Inventário das Emissões de GEE no Subsetor de Transporte Ferroviário no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB³⁴.

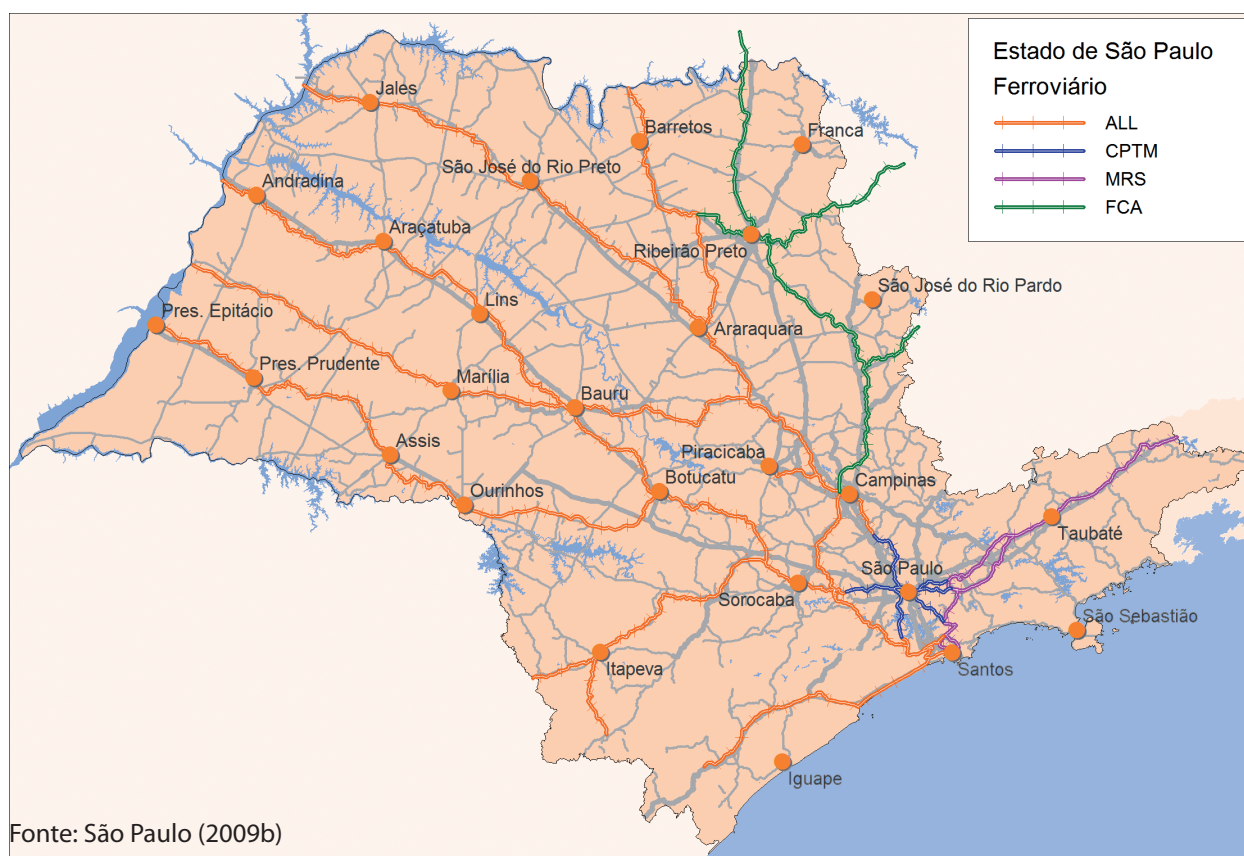
Atualmente, o sistema ferroviário do Estado de São Paulo apresenta uma malha de aproximadamente 5.000 km, ligando regiões do interior e de outros estados à RMSP e ao Porto de Santos. A malha ferroviária para o transporte de carga foi privatizada, porém sob controle federal. As empresas concessionárias do Transporte Ferroviário no Estado de São Paulo são a América Latina Logística S.A (ALL), a Ferrovia Centro-Atlântica S.A (FCA), a MRS Logística S.A (MRS) e a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). Na Figura 1, é apresentada a malha ferroviária do Estado de São Paulo.

Para este Inventário, não foram estimadas as emissões de GEE do transporte ferroviário metropolitano, uma vez que esse setor consome apenas eletricidade do SIN. As emissões devidas ao consumo de eletricidade são apresentadas no Inventário do Setor de Energia.

As estimativas de GEE foram elaboradas considerando-se o método apresentado pelo IPCC (2006). Foram empregados dados de consumo de combustível do Setor Ferroviário apresentados no BEESP (SÃO PAULO, 2009c) e fatores de emissão *default*.

Estudos futuros, se puderem contar com dados de consumo, carga e origem e destino, poderão refletir com maior precisão a realidade do setor.

Figura 1. Malha Ferroviária do Estado de São Paulo



34. Os inventários realizados pela CETESB contaram com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a mesma, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo sob a coordenação do PROCLIMA.

Não foram consideradas as emissões de CH₄ e N₂O provenientes da queima de óleo combustível, por não existirem fatores de emissão específicos no país ou no estado, e nem mesmo fatores de emissão *default* do IPCC (CETESB, 2011h).

Na Tabela 33 são apresentados os dados de consumo de energia no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo para o Setor Ferroviário.

Para obter a estimativa de emissões de GEE, empregou-se os dados de consumo de combustível no Estado de São Paulo. Natu-

ralmente, as locomotivas podem transpor as fronteiras estaduais e serem abastecidas tanto no Estado de São Paulo quanto em outros estados ou países. Esses fatos geram uma incerteza quanto à alocação das emissões, o que não é levado em consideração nesta estimativa. As emissões são atribuídas à unidade territorial onde ocorreu o abastecimento, da mesma forma como recomenda o IPCC (2000a) para as estimativas das fontes móveis rodoviárias (CETESB, 2011h). Na Tabela 34, são apresentadas as emissões de GEE no Transporte Ferroviário em Gg.

Tabela 33. Dados de Consumo de Energia do Transporte Ferroviário no Estado de São Paulo (kcal*)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[10 ⁹ kcal]									
Óleo Diesel	1.057	875	780	788	832	814	849	910	719	658
Óleo Combustível	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Eletricidade	637	665	679	716	612	630	635	594	533	531
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[10 ⁹ kcal]									
Óleo Diesel	736	1.074	1.178	1.282	1.230	1.299	1.291	1.299	1.490	
Óleo Combustível	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
Eletricidade	541	550	555	568	574	595	632	685	730	

* 1cal = 4,1868J

Fonte: São Paulo (2009c) apud CETESB (2011h).

Tabela 34. Emissões de GEE do Transporte Ferroviário no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	331	274	245	247	261	256	266	285	226	207
CH ₄	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
N ₂ O	0,13	0,10	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,08
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	231	333	365	398	382	403	401	403	462	
CH ₄	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	
N ₂ O	0,09	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	0,16	0,18	

5.1.5.3 Transporte Aquaviário

O Inventário das Emissões de GEE Associadas ao Transporte Aquaviário no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB³⁵.

Os impactos ambientais desse tipo de transporte estão relacionados aos empreendimentos portuários e às embarcações. O Estado de São Paulo apresenta o Transporte Aquaviário por navegação interior (hidrovias e terminais), lacustres e fluviais, travessias e dois portos marítimos (SÃO PAULO, 2007 apud CETESB, 2011g).

As estimativas de GEE foram elaboradas considerando-se o método do IPCC (2006). Foram empregados dados de consumo de combustível do Subsetor Aquaviário do BEESP (SÃO PAULO, 2009d) e fatores de emissão *default* do IPCC.

Estudos futuros, se puderem contar com dados de consumo, carga e origem e destino,

poderão refletir com maior precisão a realidade do setor.

Na Tabela 35, são apresentados os dados de consumo de energia no período de 1990 a 2008 no Estado de São Paulo para o Setor Aquaviário.

Para obter a estimativa, foram empregados dados de consumo de combustível no Estado de São Paulo. Sabe-se que as embarcações podem ser abastecidas em um estado ou país e que estas podem transpor as suas fronteiras. Esses fatos geram uma incerteza quanto à alocação das emissões. Os dados de consumo, da forma como foram empregados nesta estimativa, não levam essa questão em consideração, atribuindo as emissões à unidade territorial onde ocorreu o abastecimento, como recomenda o IPCC (2000a) para as estimativas das fontes móveis rodoviárias. Na Tabela 36, são apresentadas as emissões de GEE no Transporte Aquaviário, em Gg.

Tabela 35. Dados de Consumo de Energia do Transporte Aquaviário no Estado de São Paulo (kcal*)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[10 ⁹ kcal]									
Óleo Diesel	2.720	2.833	2.322	2.452	2.512	2.599	2.686	2.755	2.504	2.686
Óleo Combustível	5.722	5.245	5.274	5.446	6.247	5.617	6.714	8.564	9.108	9.537
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[10 ⁹ kcal]									
Óleo Diesel	2.426	3.032	1.992	1.759	1.594	1.455	866	814	849	
Óleo Combustível	8.583	5.837	5.245	5.093	5.169	4.692	4.864	4.406	3.748	

* 1cal = 4,1868J

Fonte: São Paulo (2009d) apud CETESB (2011g)

35. Estas estimativas foram desenvolvidas no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Tabela 36. Emissões de GEE do Transporte Aquaviário no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	2.698	2.579	2.429	2.526	2.804	2.627	3.009	3.630	3.728	3.924
CH ₄	0,25	0,24	0,22	0,23	0,26	0,24	0,28	0,33	0,34	0,36
N ₂ O	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,1	0,1

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	3.534	2.832	2.318	2.196	2.170	1.972	1.845	1.680	1.478	
CH ₄	0,32	0,26	0,21	0,2	0,2	0,18	0,17	0,15	0,13	
N ₂ O	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	

5.1.5.4 Transporte Rodoviário

O Inventário das Emissões de GEE Associadas ao Transporte Rodoviário no Estado de São Paulo foi realizado conforme convênio³⁶ firmado entre a CETESB e o IMT.

Este relatório inclui todos os tipos de veículos equipados com motor a combustão passíveis de licenciamento para circular nas vias públicas, sendo esses: automóveis, motocicletas, caminhões e ônibus. Não fazem parte do escopo as máquinas e equipamentos de construção, agrícolas e de uso especial.

Tais veículos operam com os seguintes combustíveis: gasolina, etanol e Gás Natural Veicular (GNV) nos automóveis, gasolina nas motocicletas e diesel nos caminhões e ônibus. Os veículos que operam com combustíveis diferentes dos listados acima não foram contabilizados por serem considerados pouco significativos.

Os GEE inventariados neste Subsetor são: CO₂³⁷, CH₄ e N₂O; e os GEE Indiretos: CO, NOx e VOC. O método para estimar as emissões dos GEE e poluentes provenientes do Transporte Rodoviário segue as referências: IPCC

(1996, 2006) e o “1° Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários” (BRASIL, 2010c).

Para a estimativa das emissões de CO₂ do Transporte Rodoviário, aplicou-se o grau de rigor *Tier 2*, de acordo com o IPCC (2000a). As emissões de CH₄ e de N₂O requerem um maior grau de detalhamento, pois os fatores de emissão dependem do tipo de tecnologia de controle de poluição do veículo, do combustível utilizado e das características de operação (IPCC, 2000a). Por essa razão, optou-se por aplicar o *Tier 3*. Para estimar as emissões de VOC, utilizou-se o método apresentado pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2010c). Deve-se destacar que a emissão total de VOC é formada pela soma das emissões de hidrocarbonetos não metano (NMHC), que saem pelo escapamento do veículo, e das emissões evaporativas de VOC.

Portanto, foi feita uma segregação por tipo de veículo para estimar as emissões de GEE e poluentes do Transporte Rodoviário. Os veículos foram divididos em: leves (PBT³⁸ inferior a 3,5 t), pesados (PBT superior a 3,5 t)

36. O convênio foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

37. De acordo com IPCC (2006), as emissões de CO₂ dos biocombustíveis não devem ser contabilizadas no total de emissões do Setor de Transporte, por serem consideradas carbono neutro. No entanto, elas devem ser reportadas separadamente, para evitar a dupla contagem, pois devem ser tratadas nos Setores de Agricultura, Silvicultura e de Outros Usos do Solo (IMT, 2011b).

38. PBT: Peso Bruto Total

e motocicletas. Os veículos leves foram subdivididos em automóveis e comerciais leves do ciclo Otto e os veículos pesados foram subdivididos em ônibus, caminhões e comerciais leves do ciclo diesel.

Além disso, para determinar os fatores de emissão do Estado de São Paulo, foram considerados dados de diversas entidades a fim de identificar as características próprias da frota do estado. No período estimado, houve mudanças tecnológicas (*flex fuel*, biocombustíveis e veículos convertidos a GNV) e na tecnologia do controle de poluição (com ou sem conversor catalítico) e que também foram considerados no método adotado. Os dados utilizados para estimar as emissões de GEE e poluentes do Estado de São Paulo, como a intensidade do uso ou distância média percorrida, são os mesmos utilizados no 1° Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários.

Porém, como esses dados são fixos por tipo de veículo, não considerando o tipo de combustível, foi feito um ajuste de acordo com o consumo estadual de combustível no Estado de São Paulo, para que a intensidade de uso fosse a mais próxima possível da realidade do estado.

A partir dos resultados obtidos, utilizando-se métodos do IPCC (1996, 2000a) e Brasil (2010c), pode-se observar que o diesel e a gasolina são responsáveis pela maior parte das emissões dos GEE, o que já era esperado devido ao maior consumo destes combustíveis.

Verificou-se que os automóveis representam uma parte expressiva das emissões de GEE e que as emissões de CH₄ e CO dos caminhões e ônibus são pequenas, se comparadas às emissões dos automóveis. Pôde-se verificar também que, apesar das emissões de NOx terem começado a diminuir a partir de meados de 1997, o mesmo não pôde ser verificado em relação à emissão do N₂O, que aumentou no período. Com relação ao CH₄, observa-se a diminuição da emissão deste GEE.

Observando o GWP dos GEE emitidos pelo Transporte Rodoviário, tanto de veículos leves quanto de pesados, para todo o período, pôde-se concluir que o CO₂ é o principal GEE, sendo responsável por 96,9% das emissões. O N₂O representa pouco mais de 2,4% das emissões em CO_{2eq} e o CH₄, 0,7% (IMT, 2011b).

A inexistência de alguns dados específicos do Estado de São Paulo, tais como a frota real de veículos circulantes no estado, a conversão de veículos para GNV, os fatores de emissão específicos, intensidade de uso, dentre outros, fez com que fosse necessário adotar algumas premissas, que podem não representar com precisão a realidade do Estado de São Paulo.

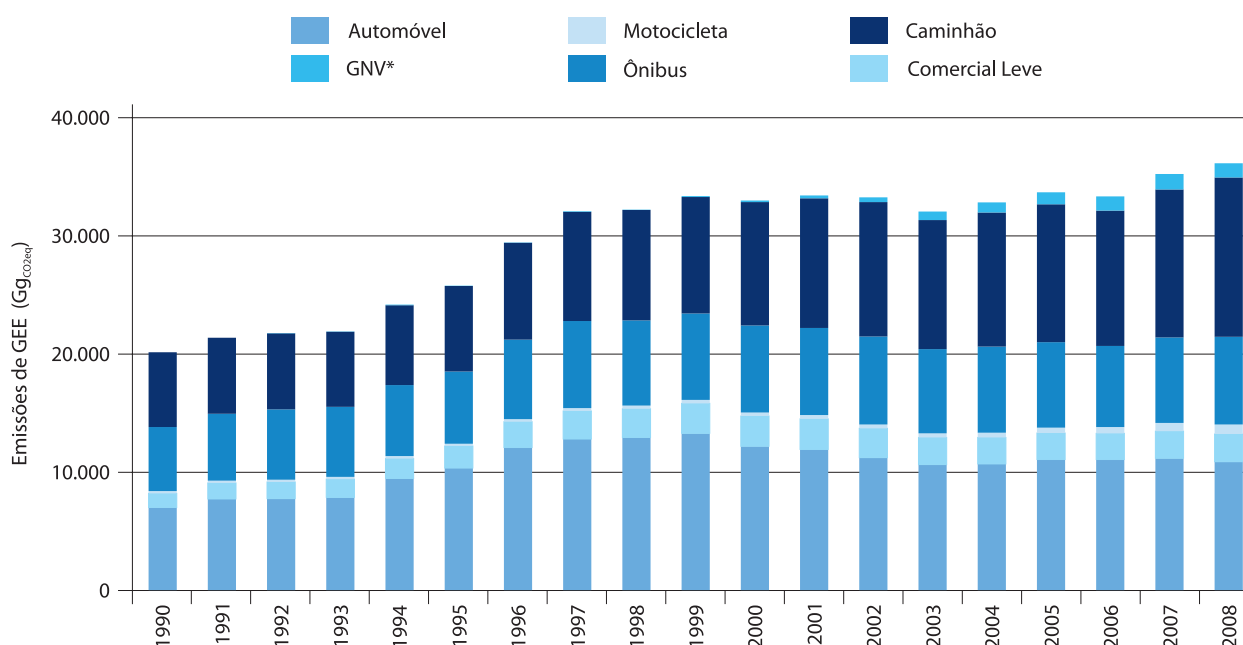
Espera-se que no futuro haja dados mais adequados, que possibilitem o cálculo através de abordagens com maior grau de rigor, minimizando erros para se aproximar cada vez mais da realidade (IMT, 2011b). Na Tabela 37 e no Gráfico 31, são apresentadas as emissões de GEE do Subsetor Rodoviário, por tipo de veículo, em Gg_{CO2eq}. O Gráfico 32 apresenta essas emissões em porcentagem.

Tabela 37. Emissões de GEE do Transporte Rodoviário por Tipo de Veículo no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

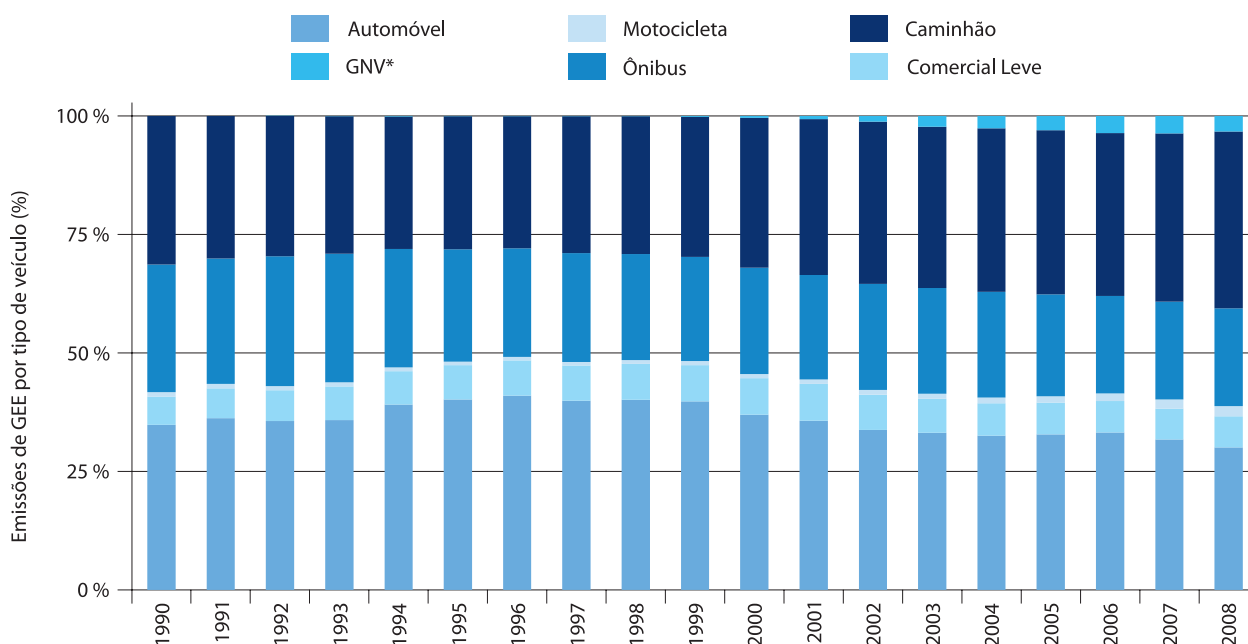
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
Automóvel	7.030	7.756	7.776	7.869	9.481	10.382	12.102	12.827	12.970	13.310
Comercial Leve	1.209	1.353	1.405	1.558	1.700	1.867	2.195	2.397	2.446	2.555
Motocicleta	183	203	197	185	199	195	216	233	257	290
Ônibus	5.428	5.663	5.971	5.957	6.045	6.123	6.748	7.393	7.219	7.346
Caminhão	6.336	6.447	6.454	6.367	6.764	7.250	8.227	9.276	9.375	9.874
GNV	0	0	6	23	40	32	28	30	42	68
Total	20.187	21.421	21.810	21.959	24.228	25.849	29.516	32.157	32.310	33.444

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]								
Automóvel	12.223	11.954	11.252	10.669	10.723	11.085	11.103	11.213	10.894
Comercial Leve	2.559	2.601	2.494	2.295	2.253	2.257	2.211	2.304	2.372
Motocicleta	289	315	332	351	391	461	543	679	798
Ônibus	7.411	7.389	7.456	7.149	7.326	7.255	6.871	7.268	7.459
Caminhão	10.466	11.003	11.400	10.952	11.364	11.689	11.497	12.539	13.516
GNV	136	238	423	736	865	1.018	1.214	1.312	1.201
Total	33.084	33.500	33.356	32.152	32.922	33.767	33.439	35.315	36.239

Gráfico 31. Emissões de GEE do Subsetor de Transporte Rodoviário por Tipo de Veículo no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})



* Corresponde a veículos adaptados ao uso do GNV.

Gráfico 32. Emissões de GEE no Transporte Rodoviário por Tipo de Veículo no Estado de São Paulo (%)

* Corresponde a veículos adaptados ao uso do GNV.

5.1.5.5 Emissões Totais de GEE do Setor de Transportes

Em suma, nas Tabelas 38, 39 e no Gráfico 33, são apresentadas as emissões de GEE do Setor de Transporte.

Tabela 38. Emissões Totais de GEE do Subsetor de Transporte no Estado de São Paulo (Gg)

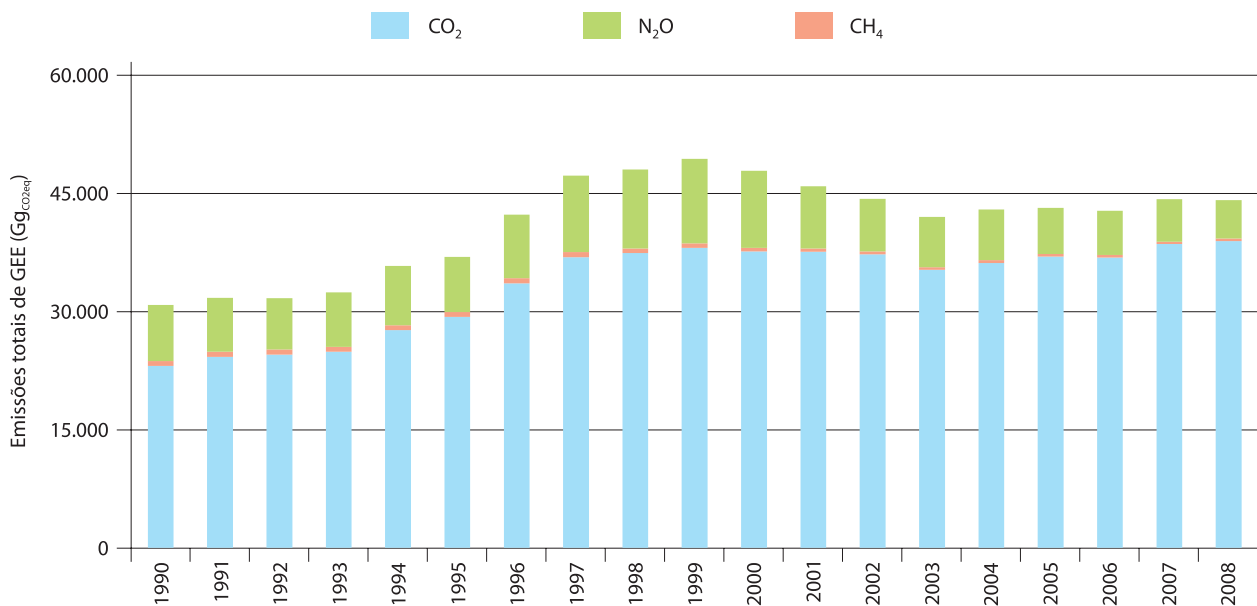
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	23.038	24.204	24.494	24.836	27.580	29.252	33.494	36.837	37.367	38.015
CH ₄	29	31	29	29	30	29	31	30	26	28
N ₂ O	23	22	21	22	24	23	26	31	32	34
NO _x	279	294	297	297	311	319	344	354	338	336
CO	1.885	1.988	1.885	1.827	1.849	1.725	1.678	1.466	1.183	1.177
VOC	327	338	317	303	301	276	264	229	185	184
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	37.541	37.510	37.171	35.239	36.093	36.895	36.771	38.479	38.872	
CH ₄	23	19	17	16	16	15	15	14	14	
N ₂ O	31	26	22	21	21	19	18	17	16	
NO _x	321	310	307	280	282	272	258	263	265	
CO	897	750	712	608	616	550	527	506	468	
VOC	141	118	112	96	98	88	86	84	79	

Tabela 39. Emissões Totais de GEE do Subsetor de Transporte no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
CO ₂	23.038	24.204	24.494	24.836	27.580	29.252	33.494	36.837	37.367	38.015
CH ₄	613	644	619	605	623	615	649	624	550	578
N ₂ O	7.136	6.830	6.519	6.939	7.519	6.995	8.050	9.687	10.017	10.694
Total	30.787	31.678	31.632	32.380	35.722	36.863	42.193	47.148	47.934	49.287

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]								
CO ₂	37.541	37.510	37.171	35.239	36.093	36.895	36.771	38.479	38.872
CH ₄	474	393	363	331	336	322	321	303	296
N ₂ O	9.742	7.914	6.697	6.372	6.414	5.847	5.595	5.408	4.868
Total	47.757	45.817	44.231	41.942	42.844	43.065	42.687	44.190	44.037

Gráfico 33. Emissões totais de GEE do Subsetor de Transporte no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})



O Gráfico 34 e o Gráfico 35, a seguir, mostram as emissões de GEE por gás do Subsetor de Transportes no Estado de São Paulo nos anos de 2005 e 2008.

Gráfico 34. Emissões de GEE do Subsetor de Transporte em 2005 no Estado de São Paulo (43.065 Gg)

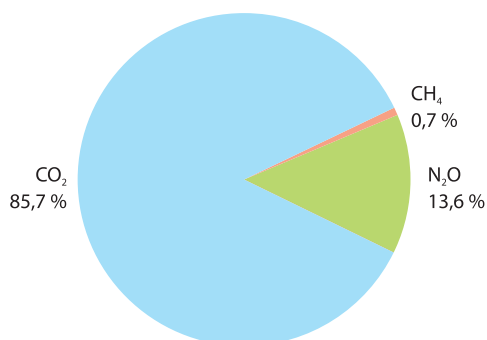
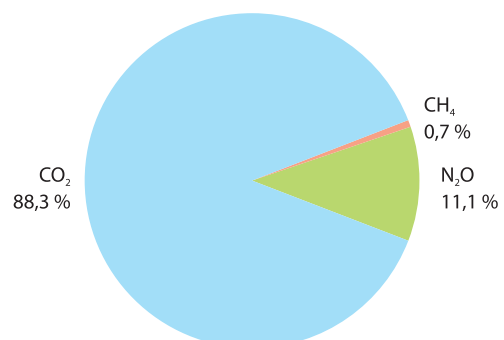


Gráfico 35. Emissões de GEE do Subsetor de Transporte em 2008 no Estado de São Paulo (44.037 Gg)



5.2 Processos Industriais e Uso de Produtos

5.2.1 Produção de Cimento

O Inventário das Emissões de GEE Associadas à Produção de Cimento no Estado de São Paulo foi elaborado pela CETESB em parceria³⁹ com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

Na produção de cimento, cerca de 90% das emissões de CO₂ ocorrem durante a produção do clínquer, seja na calcinação/descarbonatação da matéria-prima, seja na queima de combustíveis no interior do forno (SNIC; ABCP, 2010).

O Primeiro Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE do Estado de São Paulo considera dois métodos para estimar as emissões do Setor Cimenteiro, sendo eles o método setorial da Iniciativa para a Sustentabilidade do Cimento (CSI, 2005 apud CETESB; SNIC; ABCP, 2011), e o método do IPCC (2006), abordagem *Tier 3*.

Comparado ao método do IPCC, o utilizado nesse Inventário apresenta um grau de detalhamento mais elevado devido a estudos realizados desde 2001, com base no método setorial adotado pela CSI, compatível com o grau de rigor *Tier 3* do IPCC (2006). No qual a emissão de CO₂ é estimada com base na matéria-prima consumida na produção do clínquer, com desconto das emissões de poeira de forno do cimento (CKD), não calcinadas (perdas do sistema) e considerando as emissões de matéria-prima não-energética que contenha carbono.

Foram estimadas as emissões do processo de produção do cimento no Estado de São Paulo para o período de 1990 a 2008 abordando apenas as emissões do processo de descarbonatação do calcário, que ocorrem no forno

de calcinação para a fabricação do clínquer. As emissões da queima de combustíveis no interior do forno são abordadas nos relatórios referentes ao Setor de Energia, segundo as diretrizes metodológicas do IPCC (CETESB; SNIC; ABCP, 2011).

Para os casos das plantas fabris que não possuem dados específicos sobre os teores de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) contidos no clínquer, pode ser aplicado o fator de emissão *default* recomendado pelo método CSI, de $0,525 \text{ t}_{\text{CO}_2}(\text{t}_{\text{clínquer}})^{-1}$, que já possui a correção pelo conteúdo de MgO, sugerido tanto pela CSI (em torno de 2%) quanto pelo IPCC (2006) (entre 1 e 2%). O dado é semelhante ao do fator de emissão de referência utilizado pelo IPCC (2000a), de $0,51 \text{ t}_{\text{CO}_2}(\text{t}_{\text{clínquer}})^{-1}$, se a ele for acrescentada a correção relativa ao conteúdo de MgO ($2\% \times 1,0918 = 0,022 \text{ t}_{\text{CO}_2}(\text{t}_{\text{clínquer}})^{-1}$). Em ambos os casos, não se inclui correção para o CKD (SNIC; ABCP, 2010).

As emissões de CO₂, referentes ao carbono orgânico (OC) contido na matéria prima, são calculadas com base em informações das próprias fábricas. Quando essas informações não estão disponíveis, é aplicado o *default* de $11 \text{ kg}_{\text{CO}_2}(\text{t}_{\text{clínquer}})^{-1}$ (CSI, 2005 apud CETESB; SNIC; ABCP, 2011).

Os dados utilizados, ligados ao fator de emissão do carbono orgânico (OC) contido na matéria-prima estão presentes na Tabela 40.

A Tabela 41 apresenta os dados da produção de cimento e clínquer.

A Tabela 42 apresenta os resultados das emissões de CO₂ provenientes do processo de produção do cimento, que ocorrem dentro do forno de calcinação do clínquer, no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008.

As emissões de CO₂ por tonelada de cimento tiveram significativa redução no período, ocasionada pela alta utilização de adições de escória no Estado de São Paulo

39. O Inventário foi elaborado no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Dado	Descrição	Quantidade	Unidade
F _{FC}	Fator farinha /clínquer padrão	1,550	[t _{farinha} ·(t _{clínquer}) ⁻¹]
TOC	Teor de carbono orgânico na farinha	2,000	[kg _{TOC} ·(t _{farinha}) ⁻¹]
CO ₂ /C	Relação entre pesos moleculares	3,664	[kg _{CO2} ·(kg _C) ⁻¹]

Tabela 40. Dados para Fator de Emissão de Carbono Orgânico Contido na Matéria-Prima - (FE_{MO})

Fonte: IPCC (2006)

Tabela 41. Produção de Cimento e Clínquer no Estado de São Paulo (t)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Clínquer [10 ³ t]	4.144	4.412	3.357	3.243	3.499	4.244	5.222	5.492	5.586	5.470
Cimento [10 ³ t]	5.224	5.555	4.747	4.745	4.968	5.890	7.639	8.078	7.806	7.827
Conteúdo de clínquer no cimento [t _{clínquer} ·(t _{cimento}) ⁻¹]	0,793	0,794	0,707	0,683	0,704	0,721	0,684	0,68	0,716	0,699

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Clínquer [10 ³ t]	5.160	4.304	3.870	3.078	2.844	3.137	4.007	4.407	4.612
Cimento [10 ³ t]	7.753	7.133	6.575	5.386	5.327	5.837	7.195	7.453	8.180
Conteúdo de clínquer no cimento [t _{clínquer} ·(t _{cimento}) ⁻¹]	0,665	0,603	0,589	0,571	0,547	0,595	0,613	0,596	0,564

Fonte: CETESB; SNIC; ABCP (2011)

Tabela 42. Emissões de CO₂ da Produção de Cimento pelo Processo de Descarbonatação no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2} ·ano ⁻¹]									
Total	2.293	2.441	1.854	1.791	1.934	2.345	2.893	3.041	3.087	3.026

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2} ·ano ⁻¹]								
Total	2.853	2.384	2.128	1.705	1.564	1.734	2.229	2.459	2.500

5.2.2 Produção de Cal

O Inventário das Emissões de GEE Associadas à Produção de Cal no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB⁴⁰.

A cal é classificada conforme o percentual de óxido de cálcio total, em calcítica (90-100%), magnesiânica (65-90%) e dolomítica (58,2-65%) (BRASIL, 2010b). Trata-se de um produto com diversas aplicações, entre as quais é possível destacar a metalurgia, a construção civil, a indústria de papel e celulose, o tratamento de água e de efluentes, o controle de pH e a estabilização de solos. O termo cal é utilizado para designar o produto composto por óxido de cálcio (CaO) e por óxido de cálcio e magnésio (CaO e MgO), resultantes da calcinação de calcários, calcários magnesianos e dolomíticos (BRASIL, 2010b).

Outro tipo de cal é a cal hidratada, um pó de cor branca, resultante da combinação

química dos óxidos anidros da cal virgem com a água. Ela é classificada de acordo com a cal virgem que lhe dá origem: cal hidratada calcítica, magnesiânica e dolomítica.

As emissões de CO₂ oriundas da Produção de Cal ocorrem durante a transformação da rocha calcária em cal virgem, através do processo de calcinação/descarbonatação da matéria-prima com a queima de combustíveis no interior do forno, assim como no transporte da cal e pelo consumo de energia elétrica nas fábricas. Este relatório apresenta as emissões do processo produtivo da cal entre os anos de 1990 a 2008, abordando apenas as emissões do processo de descarbonatação do calcário (CETESB, 2011d).

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABPC, 2010 apud CETESB, 2011d), os produtores de cal são classificados de acordo com a Tabela 43.

Tabela 43. Classificação dos Produtores de Cal da ABPC

Produtores	Tipo de Produção
Integrados	Produzem cal (virgem e hidratada) a partir do calcário produzido em minas próprias
Não integrados	Produzem cal (virgem e hidratada) a partir do calcário comprado de terceiros
Transformadores	Realizam a moagem e/ou produzem cal hidratada a partir de cal virgem adquirida
Cativos	Produzem a cal para consumo próprio, como as siderúrgicas

Fonte: ABPC (2010) apud CETESB (2011d)

A Tabela 44 apresenta os dados da produção estadual de cal adotada nesse relatório, derivados de uma estimativa baseada na produção nacional.

De acordo com o IPCC (1996), a estimativa das emissões de CO₂ resultantes da Produção de Cal é realizada através da aplicação de um fator de emissão, em kg_{CO2} por tonelada de cal, com base na produção anual.

A estratégia adotada para estimar as emissões deste Inventário considerou uma árvore de decisões do IPCC (2000a). Desta forma, foi definido que seriam utilizados os *default* das principais categorias de fonte, dos fatores de emissão de CO₂, para cada óxido predominante na cal

40. Estas estimativas foram desenvolvidas no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Tabela 44. Produção de Cal Virgem e Hidratada no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg]									
Cal Virgem										
Associados à ABPC	27	27	27	27	30	29	29	31	28	27
Produtores Cativos	231	222	272	303	303	314	323	341	335	323
Não associados à ABPC	-	-	-	-	-	-	-	11	10	-
Subtotal	257	249	299	329	333	343	352	383	374	350
Cal Hidratada										
Associados à ABPC	372	405	385	400	426	484	538	510	496	466
Não associados à ABPC	-	-	-	-	-	-	-	293	279	-
Subtotal	372	405	385	400	426	484	538	803	775	466
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg]									
Cal Virgem										
Associados à ABPC	32	32	34	36	43	44	48	49	51	
Produtores Cativos	340	306	343	350	350	306	79	84	82	
Não associados à ABPC	30	28	28	28	27	30	23	25	25	
Subtotal	402	367	404	413	420	380	150	158	157	
Cal Hidratada										
Associados à ABPC	473	464	471	483	486	443	440	467	456	
Não associados à ABPC	259	259	231	223	315	274	284	295	310	
Subtotal	732	723	702	706	801	716	724	761	766	

Fonte: ABPC (2010) apud CETESB (2011d)

A Tabela 45 apresenta as emissões de CO₂ da produção de cal no Estado de São Paulo.

Foi constatado um aumento de 51% nas emissões de CO₂ das cales dolomítica e magnesiana no ano de 2008 em relação a

1990. Já para a Produção de Cal calcítica, verificou-se uma redução de 14% nas emissões, devido à desativação da Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA) em 2006 (CETESB, 2011).

Tabela 45. Emissões de CO₂ da Produção de Cal no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
Calcítica	253	250	288	314	320	335	349	407	397	339
Dolomítica	79	86	82	85	91	103	115	171	165	99
Magnesiana	125	136	129	134	143	163	181	270	261	156
Total	457	472	499	533	554	601	645	848	823	594
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
Calcítica	414	384	412	419	437	395	211	222	222	
Dolomítica	156	154	150	150	171	153	154	162	163	
Magnesiana	246	243	236	237	269	241	243	256	257	
Total	816	781	798	806	877	789	608	640	642	

5.2.3 Produção Química

O Inventário das Emissões Atmosféricas de GEE da Produção Química no Estado de São Paulo foi realizado⁴¹ pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM), com a revisão da CETESB.

Vários processos produtivos da indústria química nacional resultam em emissões de GEE: CO₂, CH₄ e N₂O, como também de GEE Indiretos: CO, NO_x e VOC (ABIQUIM, 2011). Neste relatório são apresentadas as estimativas de GEE emitidos durante os processos de produção, para o período de 1990 a 2005.

Os métodos utilizados para o cálculo das emissões atmosféricas de GEE durante os processos de produção, que adotam a abordagem *Tier 1*, correlacionam, através de fatores de emissão (FE), as quantidades de GEE emitidas com as quantidades de produtos químicos produzidos. A maioria dos FE do CO₂ e do N₂O foi obtida através do balanço de massa nas unidades produtivas. Outros fatores, como o fator de emissão do CH₄, foram calculados baseados nos coeficientes de emissão listados pelo IPCC (2006).

Para as estimativas de emissões de GEE de processos da indústria química considerou-se os subsetores para os quais o IPCC

(2006) apresentou método para a realização das estimativas e que são representativas no estado. A única exceção se deu para as emissões do processo de produção de ácido fosfórico (H₃PO₄), para as quais o IPCC (2006) não apresenta método, mas é considerado de relevância no estado. A estimativa feita pela ABIQUIM inclui as empresas associadas e estas representam mais de 90% do universo estimado, em conformidade com as diretrizes do IPCC.

As tipologias industriais analisadas foram as de produção de ácido adípico, de ácido fosfórico, de ácido nítrico, de amônia, de dicloroetano e cloreto de vinila, de etileno, de negro de fumo e de óxido de etileno (ABIQUIM, 2011).

Ácido Adípico

No Brasil, e no Estado de São Paulo, existe uma fábrica de ácido adípico⁴² (C₆H₁₀O₄), que utiliza um processo de produção baseado na oxidação, por meio de ácido nítrico (HNO₃), que gera N₂O (BRASIL, 2010a).

O FE do ácido adípico, estabelecido após uma série de medições, é de 270 kg_{N₂O}·(t_{C₆H₁₀O₄})⁻¹. Na Tabela 46 são apresentados os dados de produção do C₆H₁₀O₄ e a emissão de N₂O no

Tabela 46. Produção de Ácido Adípico e Emissões de N₂O no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (t)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[t.ano ⁻¹]							
Produção	31.951	41.676	38.538	51.264	51.825	55.864	41.554	35.767
Emissão de N ₂ O	8.627	11.252	10.405	13.841	13.993	15.083	11.220	9.657

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[t.ano ⁻¹]							
Produção	62.055	61.572	64.862	51.486	65.931	59.979	71.438	75.147
Emissão de N ₂ O	16.755	16.624	17.513	13.901	17.801	16.194	19.288	20.290

Nota: As emissões de GEE do Subsetor da Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

Fonte: ABIQUIM (2011)

41. O Inventário foi elaborado no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo. O Inventário de emissões de GEE de processos na indústria química vai de 1990 a 2005.

42. O C₆H₁₀O₄ é um sólido cristalino, branco, utilizado como intermediário na fabricação de fibras sintéticas, plásticos, poliuretanos e lubrificantes sintéticos. Comercialmente, é o mais importante ácido alifático dicarboxílico, usado na fabricação de poliéster e nylon (IPCC, 2006).

Estado de São Paulo para o período de 1990 a 2005. Considerando a capacidade máxima licenciada de $C_6H_{10}O_4$, estima-se uma geração potencial de $23.490 \text{ t}_{N_2O} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Ácido Fosfórico

O IPCC (2006) não apresenta método para estimar as emissões de GEE no processamento da rocha fosfática na transformação do ácido fosfórico⁴³ (H_3PO_4). Por conta disso, as emissões de CO_2 foram calculadas com base na quantidade de carbono no concen-

trado fosfático, estimada em 0,6% (ABIQUIM, 2011).

O consumo máximo de rocha fosfática estimado, em função da capacidade instalada no processamento do concentrado fosfórico, foi de 1,3 milhão de Gg em 2005. Os dados de produção do concentrado fosfórico, assim como a emissão de GEE, foram estimados para o período de 1990 a 2005 e estão apresentados na Tabela 47. Considerando a capacidade instalada de processamento de rocha fosfática em 2005, a emissão potencial máxima é de $28.600 \text{ Gg}_{CO_2} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Tabela 47. Produção de Ácido Fosfórico e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	779	838	630	783	785	904	971	1.101
Emissão de CO_2	17	18	14	17	17	20	21	24
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	1.042	1.004	1.146	1.159	1.181	1.379	1.286	1.278
Emissão de CO_2	23	22	25	25	26	30	28	28

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.
Fonte: ABIQUIM (2011)

Ácido Nítrico

O processo de produção tradicional e comercialmente disponível do ácido nítrico⁴⁴ (HNO_3) envolve a oxidação catalítica de amônia (NH_3) com o ar e as reações subsequentes dos produtos da oxidação com a água, gerando N_2O como subproduto.

Nas unidades de produção no Estado de São Paulo, há controle da emissão de óxido de nitrogênio (NO_x) e óxido nítrico (NO_2), de acordo com os padrões estabelecidos pela CETESB. As tecnologias utilizadas no Brasil para o controle de emissões são a destruição

catalítica não seletiva e a destruição catalítica seletiva. Nessas condições tecnológicas são emitidos N_2O e CO_2 (ABIQUIM, 2011). No Estado de São Paulo, existem 5 plantas industriais produtoras de HNO_3 .

As emissões de CO_2 foram estimadas através do balanço de massa. Considerou-se as características do insumo utilizado na destruição catalítica dos NO_x , que são reduzidos a nitrogênio (N_2).

Em 2005, estima-se que a capacidade licenciada de produção de HNO_3 em São Paulo

43. Ácido fosfórico (H_3PO_4) é utilizado principalmente para a produção de fertilizantes fosfatados. As matérias-primas utilizadas para a produção de ácido fosfórico são o ácido sulfúrico e a rocha fosfática (fluorapatita) como fonte de fósforo (P). A rocha fosfática contém carbono inorgânico na forma de carbonato de cálcio ($CaCO_3$), que reage com o ácido sulfúrico produzindo como subprodutos gesso agrícola e CO_2 (ABIQUIM, 2011).

44. O HNO_3 é um composto inorgânico usado principalmente na fabricação de fertilizantes sintéticos. É o composto mais importante utilizado como insumo na fabricação de $C_6H_{10}O_4$, como intermediário na produção de HNO_3 concentrado, para agente de nitração de compostos orgânicos e, também, na fabricação de explosivos (ABIQUIM, 2011).

tenha sido de 555.360 t.ano⁻¹. Na Tabela 48 são apresentados os dados de produção de HNO₃ e emissão de GEE para o período de 1990 a 2005. Considerando a capacidade licenciada em 2005 para cada uma das tecno-

logias avaliadas, verificou-se, em função da quantidade média da produção de HNO₃ de 4,57 kg_{N₂O}.(t_{HNO₃})⁻¹, uma emissão potencial máxima de 2.538 t_{N₂O}.ano⁻¹ e 5.000 t_{CO₂}.ano⁻¹.

Tabela 48. Produção de Ácido Nítrico e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	392	403	398	422	476	477	499	512
Emissão de N ₂ O	1,89	1,99	1,96	2,07	2,18	2,21	2,27	2,32
Emissão de CO ₂	6,06	5,30	7,01	6,77	7,10	7,07	11,10	8,02
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	499	488	506	512	527	466	485	545
Emissão de N ₂ O	2,26	2,24	2,28	2,28	2,37	2,26	2,33	2,47
Emissão de CO ₂	7,36	4,29	3,90	3,83	3,51	2,84	3,08	3,67

Nota: As emissões de GEE do Subsetor da Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

Fonte: ABIQUIM (2011)

Amônia

São Paulo possui apenas uma planta de produção de amônia⁴⁵ (NH₃), que utiliza como matéria-prima o gás residual de refinaria; esse processo é patenteado e valorizou um resíduo gasoso produzido pela refinaria de petróleo, reduzindo a emissão de CO₂. O fator de emissão é de 1,3 t_{CO₂}.(t_{NH₃})⁻¹ (ABIQUIM, 2011).

A capacidade licenciada para produção de amônia no estado é de 216.000 t.ano⁻¹. A Tabela 49 apresenta a capacidade licenciada para a sua produção e emissão de GEE no estado entre 1990 e 2005.

Considerando a capacidade licenciada para a produção de amônia estima-se uma geração máxima de 280.800t_{CO₂}.ano⁻¹.

Tabela 49. Produção de Amônia e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	142	105	148	107	166	159	137	162
Emissão de CO ₂	185	137	193	139	215	206	177	211
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	154	162	171	126	210	124	193	194
Emissão de CO ₂	201	210	223	164	272	161	251	252

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

Fonte: ABIQUIM (2011)

45. A NH₃ é produzida em grandes quantidades, utilizada como fonte de nitrogênio. É matéria-prima para a fabricação de uréia, o principal fertilizante nitrogenado, e para a produção de HNO₃. Como subproduto da fabricação de NH₃ é gerado CO₂, liberado para a atmosfera (ABIQUIM, 2011).

Dicloroetano e Cloreto de Vinila

A produção de cloreto de vinila⁴⁶ (CH_2CHCl) e dicloroetano⁴⁷ ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$) no Brasil utiliza o processo de cloração direta e oxicloração do eteno, sendo usado o cloreto de hidrogênio gerado no craqueamento do dicloroetano.

Em São Paulo, a planta de produção de cloreto de vinila e dicloroetano pode operar com os dois produtos como “processo balanceado”. Como o processo não atinge 100% de conversão do eteno, uma pequena porcentagem da matéria-prima não é convertida. Assim, os gases exaustos do processo são tratados para eliminar os compostos clorinados (formados em reações secundárias) e o eteno não reagido.

O eteno não reagido é convertido em CO_2

e os compostos clorinados são reduzidos através de um processo de redução catalítica ou incineração.

Em função da característica do insumo utilizado no processo de destruição dos compostos clorinados mencionados (reação de incineração), é calculada também a emissão fugitiva de CH_4 .

A capacidade instalada para produção de dicloroetano e cloreto de vinila no Estado de São Paulo é de $420.000 \text{ t.ano}^{-1}$. A Tabela 50 apresenta os dados de produção e emissão de GEE de dicloroetano e cloreto de vinila para o período de 1990 a 2005. Considerando a capacidade instalada, é possível uma emissão máxima de $119.760 \text{ t}_{\text{CO}_2}\text{.ano}^{-1}$ e $9,5 \text{ t}_{\text{CH}_4}\text{.ano}^{-1}$ em 2005.

Tabela 50. Produção de Dicloroetano e Cloreto de Vinila e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	41	41	41	41	41	41	41	106
Emissão de CH_4	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0024
Emissão de CO_2	12	12	12	12	12	12	12	25
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	110	129	113	76	92	222	223	234
Emissão de CH_4	0,0025	0,0029	0,0025	0,0017	0,0021	0,005	0,005	0,0053
Emissão de CO_2	25	29	26	19	22	47	59	62

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

De 1990 até 1996 os dados de produção são calculados usando a capacidade instalada, devido à falta de dados consolidados. A partir de 1997, os dados são calculados usando a capacidade instalada com o fator de produção e, também, a produção declarada.

46. O cloreto de vinila, participa como intermediário na produção do cloreto de polivinila, amplamente utilizado na fabricação de materiais e fios elétricos, material de construção civil, tubos, conexões e embalagens (ABIQUIM, 2011).

47. O dicloroetano (1,2 dicloroetano), ou dicloreto de etileno, é um dos primeiros hidrocarbonetos clorados, sintetizado em 1795. Ele é utilizado como intermediário na produção de cloreto de vinila (MVC), solventes, hidrocarbonetos policlorados, etilenoglicol e outros. O dicloroetano também é empregado como solvente para graxas, óleos e gorduras, limpeza industrial, aditivo para combustíveis e em formulações de solventes. Além disso, ele está muito difundido na extração de produtos naturais como esteróides, vitamina A, cafeína e nicotina.

Eteno

Os principais GEE associados à produção de eteno⁴⁸ (C₂H₆) são o CO₂ e o CH₄. A emissão de CO₂ está associada ao tipo de matéria-prima utilizada, que no caso paulista é a nafta. As emissões de CH₄ nas unidades de produção de eteno podem ser emissões fugitivas ou geradas pelos sistemas de alívio das unidades de processo (ABIQUIM, 2011).

A capacidade licenciada para produção de eteno em 2005 no Estado de São Paulo foi de

700.000 t.ano⁻¹, com previsão de expansão da capacidade produtiva de eteno petroquímico em 2014 para até 1.200.000 t.ano⁻¹. A Tabela 51 apresenta os dados de sua produção e emissão de GEE para o período de 1990 a 2005. Considerando a capacidade instalada, a geração máxima de CO₂ seria de 1.330 t_{CO2}.ano⁻¹ e 2.100 t_{CH4}.ano⁻¹. Caso ocorra a expansão da capacidade instalada, a emissão máxima será de até 2.280 t_{CO2}.ano⁻¹ e 3.600 t_{CH4}.ano⁻¹.

Tabela 51. Produção de Eteno e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990*	1991*	1992*	1993*	1994*	1995*	1996*	1997
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	348	261	271	312	319	316	367	447
Emissão de CH ₄	1,04	0,78	0,81	0,94	0,96	0,95	1,10	1,34
Emissão de CO ₂	0,66	0,50	0,52	0,59	0,61	0,60	0,70	0,85

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	459	478	473	454	416	464	488	466
Emissão de CH ₄	1,38	1,43	1,42	1,36	1,25	1,39	1,46	1,40
Emissão de CO ₂	0,87	0,91	0,90	0,86	0,79	0,88	0,93	0,89

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

*Produção calculada usando a capacidade instalada e o fator de produção.

Fonte: ABIQUIM (2011)

Negro de Fumo

Para calcular as emissões de CH₄ originadas da produção de negro de fumo⁴⁹, adotou-se o fator de emissão de 0,06 kg_{CH4}.(t_{negro de fumo})⁻¹ recomendado pelo IPCC (2006). Para o CO₂, foi calculado um fator de emissão (FE) obtido por balanço de massa médio. Assim, os FE são: até 2003, 1,989 t_{CO2}.(t_{negro de fumo})⁻¹ e a partir de 2004, 1,618 t_{CO2}.(t_{negro de fumo})⁻¹. A existência de dois FE está associada à entrada em operação, no período considerado, de uma

planta com uma emissão de CO₂ diferente das demais existentes (ABIQUIM, 2010).

A capacidade produtiva instalada em 2005 para produção de negro de fumo no Estado de São Paulo foi de 322 Gg.ano⁻¹. Porém, há previsão de expansão da capacidade produtiva, em 2014, para até 362 Gg.ano⁻¹ de negro de fumo. A Tabela 52 apresenta a produção de negro de fumo e emissão de GEE no período de 1990 a 2005. Considerando a atual capacidade produtiva instalada, temos

48. O eteno ou etileno é o hidrocarboneto primário produzido em maior quantidade e um dos principais da cadeia de valor da indústria petroquímica, utilizado no processo de produção de plásticos, incluindo os polietilenos de alta e baixa densidade, cloreto de polivinila e como matéria-prima para a fabricação de cloreto de vinila, óxido de eteno, etilbenzeno e dicloroeteno (ABIQUIM, 2011).

49. O principal uso do negro de fumo é como aditivo na borracha para a fabricação de pneumáticos. Outro uso importante é como pigmento na fabricação de tintas (BRASIL, 2010a). Durante o processo de produção é gerado um gás de purga que contém CO e VOC que são processados em presença de ar atmosférico visando à conversão dos poluentes citados em CO₂. Além disso, há a liberação de CH₄ nas unidades de produção de negro de fumo, que podem ser emissões fugitivas ou geradas pelos sistemas de alívio das unidades de processo (ABIQUIM, 2011).

uma geração máxima de $521\text{Gg}_{\text{CO}_2}\cdot\text{ano}^{-1}$ e $0,02\text{Gg}_{\text{CH}_4}\cdot\text{ano}^{-1}$. Caso ocorra a expansão da capacidade, a emissão máxima será de $586\text{Gg}_{\text{CO}_2}\cdot\text{ano}^{-1}$ e $0,02\text{Gg}_{\text{CH}_4}\cdot\text{ano}^{-1}$.

Tabela 52. Produção de Negro de Fumo e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990*	1991*	1992*	1993*	1994*	1995*	1996*	1997*
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	178	183	186	197	204	201	202	208
Emissão de CH ₄	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Emissão de CO ₂	355	363	371	392	406	399	402	213

	1998	1999	2000	2001	2002	2003*	2004*	2005*
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	211	222	230	215	222	230	278	280
Emissão de CH ₄	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Emissão de CO ₂	420	441	457	428	442	457	450	453

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

* Produção calculada usando a capacidade instalada e o fator de produção.

Fonte: ABIQUIM (2011)

Óxido de Eteno

No Estado de São Paulo, o óxido de eteno⁵⁰ é produzido a partir da oxidação direta do eteno por meio do ar, processo que emite CO₂. Os fatores de emissão (FE) empregados na estimativa para o CO₂ e CH₄ são os *default* do IPCC (2006), iguais, respectivamente, a $0,863\text{ t}_{\text{CO}_2}\cdot(\text{t}_{\text{óxido de eteno}})^{-1}$ e $1,79\text{ kg}_{\text{CH}_4}\cdot(\text{t}_{\text{óxido de eteno}})^{-1}$.

A capacidade licenciada de produção de óxido de eteno no Estado de São Paulo em 2005 foi de $52.000\text{ t}\cdot\text{ano}^{-1}$. Porém, foi licenciado um novo patamar de produção anual de até 95.000 t . A Tabela 53 apresenta os dados da produção de óxido de eteno e emissão de GEE para o período de 1990 a 2005.

Considerando a capacidade de produção instalada para cada uma das tipologias indus-

Tabela 53. Produção de Óxido de Eteno e Emissões de GEE no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg)

	1990*	1991*	1992*	1993*	1994*	1995*	1996*	1997*
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	34	41	36	38	37	35	34	49
Emissão de CH ₄	0,061	0,073	0,065	0,068	0,067	0,063	0,062	0,087
Emissão de CO ₂	29,169	34,852	31,345	32,650	32,014	30,424	29,585	41,821

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg.ano ⁻¹]							
Produção	45	49	48	50	45	49	52	52
Emissão de CH ₄	0,081	0,089	0,086	0,090	0,081	0,088	0,093	0,093
Emissão de CO ₂	38,722	42,518	41,186	43,058	39,008	42,456	44,465	44,718

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

* Produção calculada usando a capacidade instalada e o fator de produção.

Fonte: ABIQUIM (2011)

50. O óxido de eteno ou etileno é um dos mais importantes derivados do eteno, produzido a partir da sua reação de oxidação catalítica. Sua estrutura peculiar o torna uma das principais matérias-primas da indústria química e petroquímica. O óxido de eteno é utilizado, principalmente, como matéria-prima na produção de etilenoglicóis, éteres glicólicos, etoxilados, acetatos de éteres e especialidades químicas (ABIQUIM, 2011).

triais apresentadas, a emissão máxima de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ para a capacidade instalada e/ou licenciada em 2005 foi de 9.160.905 $\text{t}_{\text{CO}_{2\text{eq}}}$.

Tendo em vista a capacidade produtiva licenciada em 2005, a emissão potencial é de até 44.876 $\text{t}_{\text{CO}_2\cdot\text{ano}^{-1}}$ e 93,1 $\text{t}_{\text{CH}_4\cdot\text{ano}^{-1}}$. Em função da licença de expansão da capacidade de produção, a emissão máxima potencial será,

em 2010, de 81.985 $\text{t}_{\text{CO}_2\cdot\text{ano}^{-1}}$ e 170 $\text{t}_{\text{CH}_4\cdot\text{ano}^{-1}}$.

Emissões Totais de GEE da Indústria Química

Na Tabela 54, Tabela 55 e na Tabela 56 são apresentadas as emissões dos GEE por Subsetor da Indústria Química em Gg e em $\text{Gg}_{\text{CO}_{2\text{eq}}}$.

Tabela 54. Emissões Totais de GEE na Indústria Química, por Subsetor, de 1990 a 2005 no Estado de São Paulo ($\text{Gg}_{\text{CO}_{2\text{eq}}}$)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[$\text{Gg}_{\text{CO}_{2\text{eq}}\cdot\text{ano}^{-1}}$]							
Ácido Adípico	2.674	3.488	3.226	4.291	4.338	4.676	3.478	2.994
Ácido Fosfórico	17	18	14	17	17	20	21	24
Ácido Nítrico	592	621	615	649	684	692	714	728
Amônia	185	137	193	139	215	206	177	211
Dicloroetano e Cloreto de Vinila	12	12	12	12	12	12	12	25
Eteno	23	17	18	20	21	20	24	29
Negro de Fumo	355	363	371	393	407	399	402	413
Óxido de Eteno	30	36	33	34	33	32	31	44
Total	3.889	4.693	4.480	5.555	5.727	6.057	4.861	4.467

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[$\text{Gg}_{\text{CO}_{2\text{eq}}\cdot\text{ano}^{-1}}$]							
Ácido Adípico	5.194	5.153	5.429	4.309	5.518	5.020	5.979	6.290
Ácido Fosfórico	23	22	25	25	26	30	28	28
Ácido Nítrico	706	699	712	710	737	703	725	770
Amônia	201	210	223	164	272	161	251	252
Dicloroetano e Cloreto de Vinila	26	29	26	19	22	48	60	62
Eteno	30	31	31	29	27	30	32	30
Negro de Fumo	420	441	457	429	442	457	451	454
Óxido de Eteno	40	44	43	45	41	44	46	47
Total	6.640	6.631	6.946	5.731	7.086	6.494	7.572	7.933

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

Tabela 55. Emissões do Subsetor Indústria Química no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[$\text{Gg}\cdot\text{ano}^{-1}$]							
CO_2	605	571	628	601	691	675	654	724
CH_4	1	1	1	1	1	1	1	1
N_2O	11	13	12	16	16	17	13	12

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[$\text{Gg}\cdot\text{ano}^{-1}$]							
CO_2	716	750	777	685	806	743	838	845
CH_4	1	2	2	1	1	1	2	2
N_2O	19	19	20	16	20	18	22	23

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

Tabela 56. Emissões do Subsetor de Indústria Química no Estado de São Paulo de 1990 a 2005 (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]							
CO ₂	605	571	628	601	691	675	654	724
CH ₄	23	18	19	21	22	21	25	30
N ₂ O	3.261	4.103	3.833	4.933	5.015	5.361	4.182	3.713
Total	3.889	4.693	4.480	5.555	5.727	6.057	4.861	4.467

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]							
CO ₂	716	750	777	685	806	743	838	845
CH ₄	31	32	32	31	28	31	33	32
N ₂ O	5.893	5.848	6.137	5.015	6.252	5.720	6.701	7.057
Total	6.640	6.631	6.946	5.731	7.086	6.494	7.572	7.933

Nota: As emissões de GEE do Subsetor de Indústria Química foram estimadas para o período de 1990 a 2005.

5.2.4 Produção Metalúrgica

O Inventário das Emissões de GEE no Subsetor Metalúrgico do Estado de São Paulo foi realizado pelo Instituto Aço Brasil (IABr) e pelo IMT⁵¹, com consolidação das informações pela CETESB.

Em função da disponibilidade de dados, este Inventário contabilizou apenas as emissões das indústrias de aço e de alumínio que, por sua vez, são as mais representativas do setor. As emissões da indústria de aço foram estimadas segundo o método desenvolvido pela WSA denominado *Climate Change Emissions Calculation Tool* ou *GHG Tool*. As emissões de GEE na indústria do alumínio foram estimadas seguindo o método apresentado pelo IPCC (2006).

Na elaboração do Inventário da Indústria Metalúrgica, o IPCC adverte sobre os riscos em realizar dupla contagem das emissões, pois o carbono utilizado como reagente dos processos e utilizado como fonte de calor para conduzir as reações químicas estão frequentemente relacionados (IPCC, 2006).

Indústria Siderúrgica

O principal GEE emitido pela atividade side-

rúrgica é o CO₂. Outros GEE, como o CH₄ e o N₂O, não são relevantes para essa tipologia industrial. A siderurgia usa o carbono para geração de energia e como agente redutor do minério de ferro (esse último no caso de usinas integradas). Posteriormente, uma fração desse carbono é incorporada aos produtos e a outra parte, após a combustão, é emitida na forma de CO₂ (CETESB; IABr; IMT, 2011).

Até 75% das emissões de CO₂ oriundas da fabricação do aço ocorrem durante a produção de ferro-gusa no alto-forno, ou seja, na etapa de redução do minério de ferro, que ocorre apenas nas usinas integradas. O percentual restante resulta do transporte de matérias-primas, da geração de energia elétrica e calor (BRASIL, 2010a).

As emissões de CO₂ oriundas das plantas de produção de coque e cal são contabilizadas no Setor de Energia e no Subsetor de Produção Mineral, respectivamente. As emissões provenientes do uso de combustíveis para produção de energia (centrais termelétricas) são incluídas no Setor de Energia. As emissões relativas ao uso de dolomita e calcário estão englobadas no Subsetor de Produção de cal. No Setor Metalúrgico, são contabilizadas as

51. O convênio com o IMT foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

emissões da sinterização/pelotização e alto-forno/aciaria (BRASIL, 2010a).

Para a realização do Inventário das Emissões de CO₂ da indústria do aço instalada no Estado de São Paulo, estabeleceram-se, inicialmente, os escopos aos quais as emissões de CO₂ estariam submetidas, conforme descrito a seguir:

- escopo 1: emissões diretas de CO₂ decorrentes de fontes próprias ou controladas pelas empresas, incluindo emissões da queima de combustíveis e processos de fabricação,
- escopo 2: emissões decorrentes da geração de energia elétrica adquirida pela empresa,
- escopo 3: emissões indiretas decorrentes das atividades das empresas em relação à obtenção de matérias-primas ou transporte de produtos e serviços. A apresentação deste escopo é opcional, pois se trata de emissões indiretas que consistirão em emissões diretas em outros inventários.

As emissões dos escopos 2 e 3 não foram consideradas neste levantamento, a fim de possibilitar a comparação com o método do IPCC (2006). A Tabela 57 e o Gráfico 36 apre-

Indústria de Alumínio

As indústrias de alumínio primário são consideradas as principais fontes de emissões de dois compostos de PFC: o CF₄ e o C₂F₆, os quais contribuem para o aumento do efeito estufa (IAI, 2003 apud CETESB; IABr; IMT, 2011).

Na operação de uma célula eletrolítica para a produção de alumínio, esses gases são produzidos durante um breve distúrbio das condições de operação da célula, conhecido como “efeito anódico” (FUJIMOTO, 2007 apud CETESB; IABr; IMT, 2011).

A eletrólise do óxido de alumínio produz alumínio fundido, que se deposita no cátodo,

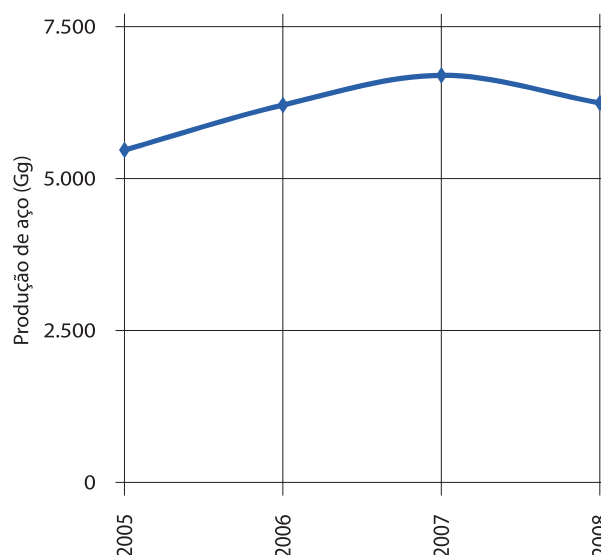
sentam a produção de aço no Estado de São Paulo no período de 2005 a 2008.

Tabela 57. Produção de Aço e Sínter no Estado de São Paulo, de 2005 a 2008 (Gg)

	2005	2006	2007	2008
	Gg.ano ⁻¹			
Aço	5.650	6.314	6.753	6.344
Sínter	5.130	5.168	5.878	5.389

Nota: A produção do Subsetor da Indústria Siderúrgica é apresentada para o período de 2005 a 2008.

Gráfico 36. Produção de aço no Estado de São Paulo de 2005 a 2008 (Gg)



e oxigênio, que se deposita no ânodo. Ao reagir com o carbono, ocorrem emissões de CO₂. Alguma quantidade de CO₂ também é produzida quando o ânodo reage com outras fontes de oxigênio, como o ar (BRASIL, 2010a). Existem diferentes tipos de tecnologias de produção de alumínio primário, em função do tipo de ânodo utilizado. No Estado de São Paulo, porém, apenas uma tecnologia é utilizada, denominada *Soderberg*.

De acordo com o método do IPCC (2006), é possível calcular as emissões de CO₂ provenientes do consumo do carbono dos ânodos e as emissões de PFC, gerados durante o processo. Outras emissões são monitoradas,

como o CO, o dióxido de enxofre (SO₂) e VOC, mas segundo a orientação do IPCC (2006), não são consideradas nas estimativas.

A produção de alumínio no Estado de São Paulo está apresentada na Tabela 58. Observa-se que houve um crescimento de mais de 25% da produção entre 2005 e 2008.

Tabela 58. Produção de Alumínio no Estado de São Paulo (t)

Ano	2005	2006	2007	2008
	[t]			
Produção de Alumínio	370.368	404.922	450.872	465.700

Fonte: ABAL (2005, 2007, 2010) apud CETESB; IABr; IMT (2011)

Nota: A produção do Subsetor da Indústria de Alumínio é apresentada para o período de 2005 a 2008.

A determinação dos FE baseou-se nos estudos apresentados no segundo relatório de referência para o Inventário Brasileiro de Emissões de Gases de Efeito Estufa (BRASIL, 2010a).

A Tabela 59 apresenta a emissão total de GEE do Setor Metalúrgico em Gg_{CO₂eq}.

Tabela 59. Emissões totais de GEE do Subsetor Metalúrgico no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

Ano	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]			
Metalurgia	9.459	9.587	10.023	9.224
Total	9.459	9.587	10.023	9.224

Nota: As emissões de GEE no Subsetor da metalurgia foram estimadas para o período de 2005 a 2008.

5.2.5 Produção de Alimentos e Bebidas

O Inventário das Emissões Associadas à Produção de Alimentos e Bebidas no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB⁵². Neste relatório são apresentadas as estimativas de emissões de VOC no Estado de São Paulo, para o período de 1990 a 2008.

Essas estimativas foram calculadas com base no método do IPCC (1996). Os VOC são GEE Indiretos.

Na produção de alimentos, os VOC são emitidos durante processos de aquecimento, cozimento e fermentação. No caso da produção de bebidas, a emissão se dá durante a utilização de cereais e frutas no processo de fermentação. Para estimar as emissões geradas pelo Subsetor de Alimentos, foi levada em conta a produção de carne, açúcar, biscoitos, cereais, bolos, pães e café.

Para estimar as emissões de VOC pelo Subsetor de Bebidas, considerou-se a produção de cerveja e destilados. Os dados primários da Produção de Alimentos e Bebidas no Estado de São Paulo foram fornecidos pela Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA, 2010 apud CETESB, 2011c). Entretanto, muitos dados necessários para calcular as emissões do Subsetor de Bebidas não estavam disponíveis. A ausência de dados fez com que, neste Inventário, fosse desconsiderada a produção de margarina, gorduras sólidas, ração animal e vinho.

A Tabela 60 e a Tabela 61 apresentam, respectivamente, os dados primários do Subsetor de Alimentos e de Bebidas para o período de 1990 a 2008. Parte desses dados foi estimada pela CETESB por regressão linear entre os dados fornecidos pela Associação Brasileira das indústrias da Alimentação (ABIA).

As estimativas das emissões atmosféricas de VOC para o ano de 2005 são de 168

52. Essas estimativas foram desenvolvidas no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Tabela 60. Dados Primários da Produção de Alimentos no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
Carne bovina	774	808	845	882	922	963	1.006	1.051	1.098	1.085
Carne suína	127	128	129	130	130	131	132	133	135	126
Carne de aves	645	688	733	782	834	889	948	1.010	1.077	1.153
Açúcar	5.397	5.803	6.240	6.709	7.214	7.757	8.340	8.968	8.705	11.788
Biscoitos, cereais e bolos	158	167	177	187	198	210	222	235	221	264
Pães	74	77	81	84	88	92	96	101	113	110
Torrefação de café	94	97	99	102	104	107	109	112	103	117

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
Carne bovina	1.198	1.252	1.439	1.366	1.427	1.491	1.494	1.627	1.699	
Carne suína	133	150	133	135	138	142	141	141	136	
Carne de aves	1.224	1.305	1.381	1.484	1.582	1.686	1.804	1.917	2.044	
Açúcar	13.091	9.675	12.350	14.348	15.172	16.495	16.834	19.503	19.139	
Biscoitos, cereais e bolos	279	296	397	331	351	371	349	416	440	
Pães	115	120	108	131	137	143	160	156	163	
Torrefação de café	120	122	149	127	130	133	123	138	140	

Fontes: ABIA; IBGE; IEA-SP; UBABEF; CNPC; ABIPECS; ABIEC apud ABIA, (2010)

Tabela 61. Estimativa dos Dados Primários da Produção de Bebidas no Estado de São Paulo (hl)⁵³

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[hL]									
Cerveja	1.596	1.685	1.779	1.879	1.984	2.095	2.212	2.335	2.466	2.403
Destilado	493	497	500	504	508	511	515	519	535	526

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[hL]									
Cerveja	2.749	2.903	3.527	3.237	3.418	3.609	3.589	4.024	4.249	
Destilado	530	533	512	541	544	548	564	555	559	

Fontes: ABIA; IBGE; IEA-SP; UBABEF; CNPC; ABIPECS; ABIEC apud ABIA, (2010)

Gg.ano⁻¹, para alimentos e 0,01 Gg.ano⁻¹, para bebidas. Na Tabela 62 são apresentadas as estimativas das emissões atmosféricas de VOC para o período de 1990 a 2008.

Em todos os casos, observa-se um aumento na emissão de VOC. O aumento mais expressivo é observado na produção de açúcar, que é a atividade mais emissora.

Além disso, estimativas mais precisas poderão ser alcançadas caso haja comprometimento com a sistematização de dados primários relativos à produção de alimentos e de bebidas, bem como o desenvolvimento de FE locais.

53. hL (hectolitro) = 10²L

Tabela 62. Emissões Atmosféricas do Subsetor de Alimentos e Bebidas no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{voc-ano} ⁻¹]									
Alimentos	55	59	64	69	74	79	85	91	89	120
Bebidas	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	55	59	64	69	74	79	85	91	89	120

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{voc-ano} ⁻¹]									
Alimentos	133	99	126	146	154	168	171	198	194	
Bebidas	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Total	133	99	126	146	154	168	171	198	194	

5.2.6 Produção de Vidro

O Inventário das Emissões Atmosféricas de GEE Associadas aos Processos Industriais na Produção do Vidro no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB⁵⁴.

Segundo a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (ABIVIDRO, 2010 apud CETESB, 2011f), o vidro é o resultado da composição fundida e transformada no forno de fusão. O processo produtivo dominante na indústria vidreira é o vidro plano. Além desse, existem outros três segmentos do produto: os vidros ocós (ou de embalagem), os vidros especiais e os domésticos.

A emissão de CO₂ do processo de Produção de Vidro ocorre durante a fusão de suas matérias-primas. As principais matérias-primas responsáveis por essa emissão são: o calcário (CaCO₃), a dolomita (CaMg(CO₃)₂) e a barrilha (Na₂CO₃).

O Estado de São Paulo possui grande importância no Setor da Produção de Vidro, já que sua produção representou 55% da produção nacional em 2005 (ABIVIDRO, 2010b). A Tabela 63 apresenta os dados da produção estadual de vidro para o período de 1990 a 2008.

Na produção de vidro, além do CO₂, há também emissão de NMVOC⁵⁵. Embora a emissão de NMVOC, em escala mundial, provavelmente não seja relevante para o aquecimento global, o IPCC considera que em escala nacional ou local, é possível que ele o seja (IPCC, 1996).

Para as estimativas das emissões atmosféricas decorrentes da Produção de Vidro foi empregado o método do IPCC (1996, 2006). Empregou-se neste relatório o *Tier 1*, pela ausência de dados disponíveis sobre o processo de produção do vidro e sobre os carbonatos utilizados na fabricação. Para o *Tier 1* aplica-se um FE baseado em uma

Tabela 63. Dados da Produção de Vidro no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
Vidro	408	564	652	864	887	1.030	1.081	1.248	1.180	1.246

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
Vidro	1.310	1.284	1.323	1.399	1.386	1.417	1.383	1.432	1.410	

Fonte: ABIVIDRO (2010b)

54. Este Inventário foi realizado no âmbito da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

55. Composto Orgânico Volátil Não Metano. .

“mistura de matérias-primas” a partir dos dados da produção estadual e uma razão estatística dos cacos de vidro utilizados em âmbito nacional.

Segundo o IPCC (2006), a razão de caco de vidro se refere à sua fração coprocessada juntamente à matéria-prima para a produção de vidro. Assim, quanto mais cacos de vidro aproveitados no processo, menor seu FE. Na

ausência desse dado, foi adotado o *default* proposto pelo método (CETESB, 2011f). As estimativas das emissões atmosféricas de NMVOC⁵⁶ e CO₂ para o período de 1990 a 2008 são apresentadas na Tabela 64. As emissões atmosféricas de NMVOC para o ano de 2005 foram de 6 Gg.ano⁻¹ e as estimativas das emissões de CO₂, para o mesmo ano, foram de 142 Gg.ano⁻¹.

Tabela 64. Emissões de NMVOC e CO₂ da Produção de Vidro no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
NMVOC	2	3	3	4	4	5	5	6	5	6
CO ₂	41	56	65	86	89	103	108	125	118	125
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
NMVOC	6	6	6	6	6	6	6	6	6	
CO ₂	131	128	132	140	139	142	138	143	141	

5.2.7 Produção de Papel e Celulose

O Inventário das Emissões Atmosféricas de GEE Associadas aos Processos Industriais de Papel e Celulose no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB.

A produção de papel e pasta de celulose possui três fases principais: a polpação, o branqueamento e a produção de papel. O tipo de polpação e quantidade de branqueamento empregada dependem da natureza da matéria-prima e da qualidade desejada do produto final. A polpação do tipo *Kraft* (sulfato) é o processo mais frequente, sendo tipicamente usado na produção de papéis mais resistentes (BRASIL, 2010a).

O método IPCC (1996) foi empregado para estimar as emissões atmosféricas da produção de pasta de celulose do processo

produtivo sulfato tipo *Kraft* para o período 1990 a 2008. Segundo esse método, a porcentagem das emissões de GEE é demonstrada em relação à produção de celulose no Estado de São Paulo, cuja estimativa é apresentada na Tabela 65.

É importante destacar que as estimativas das emissões atmosféricas contidas nesse documento são de GEE Indiretos. São poluentes convencionais que foram incluídos no método de inventário do IPCC (CETESB, 2011e).

As estimativas das emissões atmosféricas do período de 1990 a 2008 são apresentadas na Tabela 66. As emissões de NO_x foram de 5 Gg.ano⁻¹, as emissões de VOC de 11 Gg.ano⁻¹ e as emissões de CO de 17 Gg.ano⁻¹ no ano de 2005.

56. Neste documento considera-se que NMVOC (*Non Methane Volatile Organic Compound*) é igual a VOC (*Volatile Organic Compound*), pois os VOC são precursores de gases de efeito estufa e o metano (CH₄) é um gás de efeito estufa pouco reativo. A especificação NM representa apenas uma garantia de que as substâncias estimadas são somente os precursores, pois o metano é reportado separadamente.

Tabela 65. Estimativa da Produção de Celulose (sulfato) do Estado de São Paulo (Gg)

	1990*	1991*	1992*	1993*	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
Nacional	2.216	2.711	3.206	3.701	5.117	5.170	5.473	5.637	5.989	6.498
Estadual	632	790	948	1.106	1.598	1.628	1.576	1.787	1.833	1.948

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
Nacional	6.669	6.645	7.191	8.289	8.845	9.545	10.462	11.328	12.021	
Estadual	2.026	2.006	2.062	2.538	2.948	3.056	3.372	3.549	3.608	

* Os dados de 1990 a 1993 foram estimados através da interpolação.

Fonte: BRACELPA (2009) apud CETESB (2011e)

Tabela 66. Emissões Atmosféricas no Subsetor de Papel e Celulose no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
NOx	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
VOC	2	3	4	4	6	6	6	7	7	7
CO	4	4	5	6	9	9	9	10	10	11

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
NOx	3	3	3	4	4	5	5	5	5	
VOC	8	7	8	9	11	11	12	13	13	
CO	11	11	12	14	17	17	19	20	20	

5.2.8 Uso de Solventes e Outros Produtos

Os Relatórios de Referência do Subsetor Uso de Solventes e Outros Produtos, representados por Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade, Espumas, Aerossóis, Solventes, Refrigeradores e Ar-Condicionado, foram realizados conforme convênio firmado entre a CETESB e o IMT⁵⁷.

5.2.8.1 Fugitivas do Subsetor de Distribuição de Eletricidade

O SF₆ é um GEE utilizado pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica como isolante e extintor de arco elétrico em disjuntores. Outros usos de SF₆ envolvem aplicações na indústria de magnésio, uso médico em cirurgia oftálmica e como agente de

extinção de incêndio. Essas aplicações não são relevantes no Estado de São Paulo e dessa maneira, suas emissões não foram consideradas no Inventário.

O SF₆ permitiu o desenvolvimento de equipamentos elétricos de alta capacidade e desempenho, além de mais compactos e seguros. Em um transformador, o gás SF₆ ocupa 30% menos espaço de isolamento e, portanto, reduz sensivelmente os custos para a construção das subestações, quando comparados aos transformadores convencionais, que usam óleo para o isolamento.

As subestações são responsáveis por receber e distribuir a energia para os consumidores, conectando as linhas de transmissão para diferentes localidades e, quando necessário, fazendo a elevação ou a redução dos níveis de tensão a serem aplicados.

57. O convênio foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

A distribuição de energia elétrica brasileira é atualmente formada por 64 concessionárias, responsáveis pelo atendimento de mais de 61 milhões de unidades consumidoras. Essas concessionárias respondem pela manutenção, monitoramento e operação das subestações. Existem no Estado de São Paulo 15 concessionárias que gerenciam a transmissão e distribuição de energia elétrica (ANEEL, 2010 apud IMT, 2011c).

Não foi possível empregar as diretrizes do IPCC para as estimativas das emissões de SF₆ no Subsetor Elétrico devido à impossibilidade de obtenção dos dados de atividade necessários. Desta forma, para a elaboração do Inventário, utilizou-se um procedimento alternativo que considerou a participação do estado no cenário elétrico nacional no que

se refere à distribuição/consumo de energia elétrica. Segundo a Secretaria de Energia do Estado de São Paulo, o estado consome mais de 32% da produção nacional de energia elétrica, percentual confirmado por dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) de 2010. A Tabela 67 apresenta a estimativa das emissões de SF₆ no Estado de São Paulo.

As distribuidoras de energia do Estado de São Paulo devem desenvolver procedimentos corretos quanto ao monitoramento e a manutenção dos equipamentos com SF₆, a fim de evitar emissões não controladas. Uma das ações é adquirir equipamentos para tratamento e reaproveitamento/regeneração do gás utilizado nos disjuntores (CTEEP, 2010 apud IMT, 2011c).

Tabela 67. Emissões de SF₆ de Equipamentos Elétricos no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Emissões de SF ₆ [Gg _{SF6}]	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0015	0,0016
Emissões de SF ₆ [Gg _{CO2eq}]	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1	35,9	38,2
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
Emissões de SF ₆ [Gg _{SF6}]	0,0016	0,0016	0,0017	0,0018	0,0019	0,002	0,002	0,0021	0,0022	
Emissões de SF ₆ [Gg _{CO2eq}]	38,2	38,2	40,6	43,0	45,4	47,8	47,8	50,2	52,6	

5.2.8.2 Espumas

As estimativas das emissões da produção de espumas incluem os três principais gases utilizados pelo Subsetor no Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008: o CFC-11, o HCFC-141b e o HFC-134a.

As espumas, por sua complexidade, têm sido classificadas de acordo com a sua morfologia celular, comportamento mecânico, natureza química e densidade. Sua indústria de fabricação é composta por quatro subsectores: espumas rígidas, flexíveis, moldadas e de poliestireno. Devido à grande variedade de aplicação, vários ramos da indústria utilizam espumas como parte de seus produtos, como os segmentos automotivo, moveleiro, construção civil, refrigeração e outros (PNUD

BRASIL, 2007 apud IMT, 2011c).

Na indústria de fabricação de espumas, os CFC e HCFC têm sido usados como agentes de expansão tanto para espumas rígidas quanto para espumas flexíveis. Após assinatura do Protocolo de Montreal, o principal agente de expansão até então utilizado, o CFC-11, foi substituído pelo HCFC-141b⁵⁸ e pelo hidrocarboneto ciclo-pentano. Vários agentes de expansão alternativos estão agora em uso mundial, incluindo o HFC, ciclo/isopentano, cloreto de metileno, CO₂ e água (UNEP, 2006 apud IMT, 2011c).

O método utilizado para estimar as emissões de HFC no Subsetor de Espumas foi o proposto pelo IPCC (1996). Ele também foi aplicado para estimar as emissões dos CFC

58. O HCFC-141b será eliminado até 2030.

e HCFC. Para as espumas de célula aberta, as emissões de HFC que ocorrem durante sua fabricação são iguais a 100% da quantidade de substância química usada como o agente de expansão. Para as espumas de célula fechada, 10% do agente expensor é liberado durante o processo de espumação. O restante fica contido no isolamento e é liberado ao longo dos 20 a 25 anos de seu tempo de vida. Para as estimativas de CFC-11 e HCFC-141b, não foi possível obter dados de consumo do Estado de São Paulo.

Desse modo, para a estimativa das emissões de espumas de células fechadas, no período considerado, foi necessário calcular as emissões ocasionadas por espumas fabricadas desde 1970 (adotando-se um tempo de vida médio da espuma de 20 anos). Diante da falta de informações sobre o consumo de CFC-11 para a produção de espumas no Brasil e para o Estado de São Paulo no período de 1970 a 1989, os dados foram estimados a partir das informações de 1990 a 2001 adotando-se um comportamento linear para o período de 1970 a 2001.

Inicialmente, foi realizado um levantamento de dados nacionais sobre o consumo de CFC-11 no Subsetor de Espumas, concluindo-se que após 2002, este consumo foi muito pequeno devido à sua substituição pelo HCFC-141b. Não existem estatísticas sobre o uso de CFC-11 no Subsetor de Espumas no Estado de São Paulo. Adotou-se a hipótese

de que o estado seja responsável por 60% da produção nacional de espumas e pelo consequente consumo de CFC-11. Estima-se que 35% dessas espumas são consumidas ou utilizadas localmente. Em relação à aplicação, outras projeções indicam que 75% do consumo de CFC-11 foi utilizado para a fabricação de espumas em células fechadas e 25% para fabricação de espumas em células abertas, no período de 1990 a 2002. Para a emissão de GEE por espumas produzidas em células fechadas, todos os dados de consumo de CFC-11 (de 1970 a 2008) foram estimados.

A eliminação do uso de CFC-11 promoveu a sua substituição pelo HCFC-141b. Assim como o gás adotado anteriormente, o HCFC-141b é igualmente destruidor do ozônio estratosférico. Porém, com um potencial de destruição menor, tendo por isso, um prazo mais longo para a sua erradicação. Não existem estatísticas a respeito do uso de HCFC-141b no Estado de São Paulo no Subsetor de Espumas, o que levou à adoção das mesmas hipóteses e projeções estipuladas para o consumo de CFC-11.

Quanto aos HFC, seu uso no Setor de Espumas no Brasil e no Estado de São Paulo é nulo ou muito pequeno. Foi identificado somente o uso de HFC-134a em uma empresa que consome 50t.ano⁻¹, desde 2006, na produção de espumas rígidas (célula fechada). A Tabela 68 apresenta as emissões no Subsetor de Espumas em Gg.

Tabela 68. Emissões de GEE do Subsetor de Espumas no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CFC-11	0,7	0,6	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
HCFC-141b	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]								
CFC-11	1,4	1,4	0,3	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HCFC-141b	NE	NE	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,006	0,008	0,011

Nota: NE - Não Estimado

As emissões do Setor de Espumas foram estimadas de 1990 a 2002 para CFC-11; de 2002 a 2008 para HCFC-141b; e de 2006 a 2008 para HFC-134a.

5.2.8.3 Aerossóis

O aerossol é um sistema que consiste em uma embalagem, normalmente metálica, pressurizada, contendo uma mistura de um produto (desodorante, tinta, inseticida, medicamento, etc.) e um gás propelente. Seu conteúdo é liberado através de uma válvula que, ao ser pressionada, emite a mistura e o propelente sob a forma de spray. Seu princípio de funcionamento baseia-se nos produtos de autopropulsão, sendo o propelente, um gás liquefeito ou comprimido, o “motor” do aerossol (IMT, 2011c).

A indústria do aerossol engloba a produção de cosméticos, farmacêuticos, veterinários, domissanitários e industriais. Desde o início da produção de aerossóis, diversos propelentes foram utilizados, tais como o CO₂, o cloreto de metila, di-metil éter isobutano e o cloreto de vinila. Porém, somente com o início do uso de propelentes constituídos por CFC foi possível a produção em massa de aerossóis e sua consolidação na aplicação em produtos cosméticos e medicinais.

A partir da descoberta da ação danosa dos CFCs sobre a camada de ozônio e da proibição do seu uso nos aerossóis pelo Protocolo de Montreal, antigos e novos propelentes começaram a ser utilizados, entre eles o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) (mistura de gases, butano, iso-butano, propano e outros gases insaturados), CO₂ e N₂. Esses gases são utilizados atualmente em 95% dos aerossóis. O restante usa HFC-134a, escolhido por suas propriedades especiais, principalmente para uso em Inaladores de Dose Calibrada (MDI), que são aerossóis medicinais. Porém, os propelentes HFC, que não são prejudiciais à Camada de Ozônio, são GEE (IMT, 2011c).

No Brasil, em função da Portaria nº 534, de 19 de setembro de 1988⁵⁹, os fabricantes de aerossóis não medicinais concluíram a conversão para tecnologias de propelentes sem CFC em 1989. Dessa forma, para o período

considerado neste estudo (1990 a 2008), apenas os aerossóis medicinais emitiram CFC. Essa portaria não restringiu o uso de CFC para aplicações medicinais porque, segundo o Protocolo de Montreal, Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (SDO) são permitidas apenas para “usos essenciais”, para os quais não exista tecnologia alternativa comercialmente disponível. O consumo de aerossóis medicinais continua até hoje, mas já vem sendo realizada a substituição do CFC por HFC-134a ou outras formas de embalagem para essa aplicação. Órgãos brasileiros como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), têm atuado de forma a controlar e reduzir gradativamente, até a proibição total da produção e importação de MDI-CFC.

As emissões de CFC para o período entre 1990 e 2008 foram estimadas com base na metodologia estabelecida pelo IPCC (2000a). A estimativa de emissões de HFC, por sua vez, ainda não foi concluída devido ao fato de as pesquisas realizadas não terem possibilitado, até o momento, a obtenção dos dados necessários.

Para o cálculo das emissões é necessário obter os dados de consumo de CFC ao longo do período considerado. Porém, algumas dificuldades foram encontradas. Não foi possível, por exemplo, localizar dados para os cinco primeiros anos do período da elaboração deste Inventário (1990 a 1994). Além disso, não existem estatísticas a respeito do uso de CFC em aerossóis no Estado de São Paulo. Adotou-se, então, uma estimativa a partir dos dados de consumo do país, apresentados na Tabela 69, através de uma relação de proporção entre a população do estado e a nacional.

59. Essa portaria proíbe a fabricação de produtos cosméticos, de higiene, perfumes e saneantes domissanitários aerossóis que contenham propelentes à base de CFC (IMT, 2011c).

Tabela 69. Estimativa do Consumo de CFC-11 e CFC-12 em Aerossóis no Brasil (t)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
	[t.ano ⁻¹]						
CFC-11	54	57	61	70	77	85	95
CFC-12	105	114	124	143	155	170	192

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[t.ano ⁻¹]						
CFC-11	110	125	140	155	173	194	216
CFC-12	200	220	240	265	278	302	328

Fonte: PNUD (2007) apud IMT (2011c)

Na Tabela 70, são apresentadas as emissões no Subsetor de Aerossóis, em Gg.

Tabela 70. Emissões do Subsetor de Aerossóis no Estado de São Paulo (Gg)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
	[Gg.ano ⁻¹]						
CFC-11	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
CFC-12	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]						
CFC-11	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
CFC-12	0,04	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07

Nota: As emissões do Subsetor de Aerossóis foram estimadas a partir de 1995

5.2.8.4 Solventes

Solventes são líquidos voláteis que têm a propriedade de dissolver ligantes, resinas ou quaisquer outros materiais sólidos e/ou líquidos sem que sejam alteradas as suas estruturas químicas originais. São indispensáveis para a cadeia produtiva de diversos segmentos industriais e são empregados, por exemplo, na fabricação de plásticos e resinas, vernizes, tintas, defensivos agrícolas, adesivos, cosméticos e detergentes, entre inúmeros outros produtos. Além disso, são utilizados para limpeza e esterilização de componentes de equipamentos e produtos (SINDSOLV, 2010 apud IMT, 2011c).

Os solventes são matéria-prima para as indústrias de adesivos, artefatos de borracha, cosméticos, defensivos agrícolas, detergentes, entre outras. A maior parte dos solventes

hidrocarbônicos, tais como hidrocarbonetos aromáticos, utilizados no Brasil, deriva do refino do petróleo (processo físico) ou do processamento da nafta (processo químico).

A Região Sudeste é a consumidora de cerca de 70% da produção nacional de solventes (SINDSOLV, 2010 apud IMT, 2011c). No final dos anos 40, houve um aumento no uso de solventes constituídos por CFC, Metilclorofórmio (MCF) e Tetracloroeto de Carbono (CTC). Porém, descobriu-se posteriormente que essas substâncias estavam afetando a camada de ozônio e, com a adoção do Protocolo de Montreal, seu consumo em novos produtos foi interrompido. Novas tecnologias alternativas foram apresentadas, tais como solventes clorados que não atacam a camada de ozônio, soluções aquosas, soluções semi-aquosas, solventes orgânicos, HCFC, PFC e HFC.

Os HFC e PFC são substâncias controladas pelo Protocolo de Quioto. Ao mesmo tempo, são alternativas tecnológicas para a eliminação das SDOs. Não foram identificados usos dessas substâncias no Subsetor de Solventes no Estado de São Paulo (IMT, 2011c).

Para estimar as emissões de GEE constituídas por substâncias alternativas às SDO investigadas neste estudo, seguiu-se o método do IPCC (1996, 2006). Ressalta-se que a estimativa restringe-se à avaliação das emissões passadas de CFC.

A partir de contatos com empresas, associações e especialistas do setor, adotou-se a hipótese de que o Estado de São Paulo foi responsável por 60% do consumo de CFC-113 como solvente da Região Sudeste, representando 42% do consumo nacional. Essas considerações permitem obter o consumo de CFC-113 no Estado de São Paulo, conforme é mostrado na Tabela 71 (IMT, 2011c).

A Tabela 72 apresenta a estimativa de emissões de CFC-113 do Subsetor de Solventes, de 1990 até 2000. Após 2000, o consumo de CFC-113 como solvente, foi eliminado, tendo sido substituído por alternativas tecnológicas que não emitem GEE.

Tabela 71. Estimativa de Consumo de CFC-113 do Subsetor de Solventes no Estado de São Paulo, de 1990 a 2000 (t)

Consumo de CFC-113 (t)										
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
256,200	197,400	134,400	89,250	84,525	49,350	31,500	16,800	19,425	17,325	15,225

Nota: O consumo de CFC-113 foi apresentado de 1990 a 2000, devido ao processo de eliminação de seu uso no Subsetor de Solventes.

Tabela 72. Emissões de CFC-113 do Subsetor de Solventes no Estado de São Paulo (Gg)

Emissões de CFC-113 (Gg)										
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
0,26	0,23	0,17	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02

Nota: As emissões de CFC-113 foram estimadas de 1990 a 2000, devido ao processo de eliminação de seu uso no Subsetor de Solventes.

5.2.8.5 Refrigeradores e Ar-Condicionado

As estimativas das emissões de GEE como HCFC, CFC e HFC do Subsetor de Refrigeradores e Ar-Condicionado consideraram as seguintes aplicações: refrigeradores e *freezers* domésticos, refrigeradores e *freezers* comerciais, sistemas de ar-condicionado automotivo, sistemas de ar-condicionado de ônibus, bebedouros e emissões de HCFC-22, empregado em carga inicial de equipamentos e manutenção.

Desde a adoção do Protocolo de Montreal, em 1987, a indústria de refrigeração vem procurando substitutos para os refrigerantes CFC e HCFC. Nos últimos 15 anos, os fluidos refrigerantes mais utilizados evoluíram de quatro principais SDOs (CFC-11, CFC-12, HCFC-22 e R-502), para perto de cinquenta fluidos, incluindo HFC, NH₃, CO₂ e HC.

Os HFC foram desenvolvidos nos anos 1980 e 1990 como alternativa aos CFCs e HCFCs. O HFC, por não conter cloro (Cl), não destrói a camada de ozônio, mas contribui para o processo de aquecimento global. Os CFCs e HCFCs, além de substâncias destruidoras do ozônio estratosférico, são também GEE, ainda que não estejam incluídos no Protocolo de Quioto, pois já são controlados pelo Protocolo de Montreal (IMT, 2011c).

Os sistemas e equipamentos de refrigeração e ar-condicionado (RAC) podem ser classifi-

cados em seis subaplicações ou categorias:

- refrigeração doméstica;
- refrigeração comercial, incluindo tipos de equipamentos diferentes, de máquinas automáticas de vendas a sistemas centralizados de refrigeração em supermercados;
- processos industriais, incluindo *chillers*, armazenamento frigorificado e bombas de calor usadas nas indústrias de alimentos, petroquímica e outras;
- transporte refrigerado, incluindo equipamentos e sistemas usados em caminhões refrigerados, contêineres e vagões;
- ar-condicionado estacionário, incluindo sistemas compactos, bombas de calor e *chillers* para aplicações residenciais e prediais;
- sistemas de ar-condicionado veiculares, usados em carros de passageiro, cabines de caminhões, ônibus e trens.

Os fluidos refrigerantes HFCs substituíram os CFCs e estão substituindo os HCFCs sem que tenha havido mudanças nos aspectos fundamentais das tecnologias utilizadas nos equipamentos das aplicações em estudo. Dessa forma, os métodos propostos para avaliar as emissões de HFCs também foram utilizados para CFC e HCFC.

As estimativas foram realizadas seguindo as diretrizes de Processos Industriais e Uso de Produtos apresentadas pelo IPCC (1996, 2000a), empregando o *Tier 2*. Os dados de atividade para a aplicação do *Tier 2* constituem-se em dados anuais de quantidade de equipamentos produzidos (montagem), número de equipamentos instalados (operação), quantidade sucateada (disposição final). Adotou-se os FE, sugeridos pelo IPCC (2000a, 2006).

Refrigeração Doméstica

No panorama global, o HC-600a e o HFC-134a continuam a ser as alternativas dominantes para refrigerantes substitutos do CFC-12 em novos equipamentos de refrigeração doméstica.

As geladeiras fabricadas no Brasil até 1999 usavam CFC-12 como fluido refrigerante e CFC-11 como agente de expansão da espuma de poliuretano, utilizada para isolamento térmico. Em função das determinações do Protocolo de Montreal, do qual o Brasil é signatário, esse fluido foi substituído nas empresas fabricantes de refrigeradores pelo HFC-134a e pelo isobutano (R-600a).

A capacidade atual de fabricação de refrigeradores está em torno de 6 milhões de unidades. Atualmente, segundo estimativa do Ministério de Minas e Energia (MME, 2009 apud IMT, 2011c). Estima-se que 50 milhões de refrigeradores estão em uso no país. Para realização deste Inventário foram consideradas as emissões das fases de montagem, operação, sucateamento e o tipo de gás utilizado (CFC-12 ou HFC-134a).

Refrigeração Comercial

A refrigeração comercial é constituída por três tipos de equipamentos:

- equipamentos compactos (*stand-alone*): todos os componentes são integrados na unidade pelo fabricante, por exemplo, bebedouros, expositores, congeladores (*freezers*) comerciais e

máquinas de sorvetes. Esses equipamentos, junto com os refrigeradores domésticos, foram os primeiros a adotar o refrigerante HFC-134a;

- sistemas remotos: unidades condensadoras separadas do equipamento de resfriamento (evaporador) como balcões refrigerados, câmaras frigoríficas, entre outros. Há uma grande utilização de HCFC-22 e em algumas instalações novas há um uso pequeno de fluidos refrigerantes HFCs, tais como HFC-134a e R-404a;
- sistemas centralizados de expansão direta: nesses sistemas os compressores são montados em *racks* localizados em salas de máquinas. Esse tipo de sistema é utilizado em supermercados, onde o fluido refrigerante circula pelos evaporadores localizados nas gôndolas e volta à sala de máquinas.

Ar-Condicionado Veicular

Os sistemas de climatização veiculares passaram a utilizar o refrigerante HFC-134a em veículos novos produzidos no Brasil a partir de 1996, e este é o único refrigerante utilizado nos novos sistemas. Nos sistemas produzidos antes desta data o refrigerante utilizado era o CFC-12, substituído devido às determinações do Protocolo de Montreal.

As emissões de fluidos refrigerantes em sistemas de ar-condicionado veicular foram estimadas considerando somente aquelas referentes aos veículos em operação, por serem as mais significativas. As outras duas fases, montagem e sucateamento, não foram levadas em conta. Para a realização deste Inventário, foram consideradas as emissões da fase de operação e o tipo de gás utilizado (CFC-12 ou HFC-134a).

Ar-Condicionado em Ônibus

Os sistemas de ar-condicionado instalados em ônibus de transporte intermunicipal e transportes especiais ("fretados") apre-

sentam uma situação similar aos sistemas de ar-condicionado instalados nos automóveis. O fluido refrigerante CFC-12 foi substituído pelo HFC-134a. A estimativa do número de ônibus equipados com ar-condicionado no Estado de São Paulo foi realizada considerando que 80% dos ônibus intermunicipais e “fretados” contém sistema de ar-condicionado, conforme dados de representantes de empresas fabricantes de sistemas de ar-condicionado para ônibus.

Devido à ausência de dados sobre a parcela da frota com refrigerante CFC-12 e com refrigerante HFC-134a, adotou-se a mesma distribuição determinada para os automóveis. Para realização deste Inventário foram consideradas as emissões da fase de operação e o tipo de gás utilizado (CFC-12 ou HFC-134a).

Bebedouros

Bebedouros, assim como os refrigeradores domésticos, passaram a utilizar HFC-134a como refrigerante alternativo ao CFC-12. Não há estatísticas disponíveis sobre a produção anual de bebedouros no Estado de São Paulo. Assim, estimou-se a produção de bebedouros no estado considerando que essa produção é uma fração constante da produção nacional. Para realização deste Inventário foram consideradas as emissões das fases de montagem, operação, sucateamento e o tipo de gás utilizado (CFC-12 ou HFC-134a).

Emissões de HCFC-22

O fluido refrigerante HCFC-22 é empregado em sistemas de ar-condicionado, estacionário e de refrigeração. Em sistemas de ar-condicionado, o gás é utilizado nos equipamentos compactos de janela, *split*, *multi-split*, assim como nos sistemas de refrigeração como *chillers*, *scroll* ou parafuso. Utiliza-se

o HCFC-22 principalmente em sistemas de refrigeração comercial, tanto em unidades condensadoras em pequenas instalações, como padarias, açougues e restaurantes, como em sistemas de refrigeração centralizados para supermercados com *rack* de compressores.

Para as estimativas de emissões considerou-se que uma parcela de 75% do consumo de HCFC-22 no Estado de São Paulo é destinada à manutenção e à carga inicial dos equipamentos e sistemas de refrigeração e ar-condicionado.

A carga inicial do equipamento recém-fabricado pode ser realizada tanto na própria fábrica, no caso das unidades de ar-condicionado de janela, quanto durante a instalação no campo, o que ocorre com os equipamentos de ar-condicionado tipo *split* e com equipamentos de refrigeração comercial (unidades condensadoras e sistemas de supermercado).

O consumo de HCFC-22 para a manutenção, durante as atividades de reparo e assistência técnica, visa completar, total ou parcialmente, a carga necessária dessa substância para a operação dos equipamentos e sistemas. Isso é necessário em decorrência de possíveis emissões fugitivas do equipamento durante sua operação normal, quando ocorre uma avaria, ou em função de perdas intencionais que acontecem nos procedimentos de reparos.

As Tabelas 73 e 74 apresentam as estimativas das emissões de GEE do Subsetor de Refrigeradores e Ar-condicionado, em Gg e em Gg_{CO_2eq} .

As emissões de HFC-134a foram estimadas a partir de 1996, data em que este começou a ser utilizado como alternativa ao uso dos CFC e HCFC.

Tabela 73. Emissões de GEE do Subsetor de Refrigeradores e Ar-Condicionado no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CFC-12	0,11	0,12	0,14	0,16	0,21	0,23	0,22	0,20	0,19	0,21
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,04	0,10	0,14	0,19
HCFC-22	0,66	0,72	0,78	0,84	0,92	0,99	0,99	1,07	1,17	1,55

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CFC-12	0,21	0,16	0,17	0,15	0,14	0,13	0,14	0,13	0,11	
HFC-134a	0,26	0,33	0,40	0,46	0,53	0,61	0,70	0,81	0,94	
HCFC-22	1,79	1,61	1,93	1,91	2,05	2,09	2,35	2,37	2,97	

Nota: NE - Não Estimado

Tabela 74. Emissões de GEE do Subsetor de Refrigeração e Ar-Condicionado no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
CFC-12	1.153	1.322	1.532	1.761	2.278	2.517	2.378	2.182	2.108	2.255
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	54	125	180	245
HCFC-22	1.198	1.298	1.408	1.528	1.656	1.796	1.783	1.928	2.125	2.807
Total	2.352	2.620	2.941	3.289	3.934	4.312	4.215	4.234	4.413	5.307

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
CFC-12	2.267	1.736	1.843	1.591	1.578	1.385	1.522	1.467	1.204	
HFC-134a	334	435	517	599	689	789	904	1.053	1.217	
HCFC-22	3.233	2.916	3.497	3.463	3.709	3.779	4.261	4.292	5.381	
Total	5.833	5.087	5.857	5.652	5.976	5.953	6.686	6.812	7.802	

Nota: NE - Não Estimado

5.2.9 Emissões Totais de GEE do Setor de Processos Industriais

Nas Tabelas 75, 76 e Gráfico 37, são apresentadas as emissões no Setor de Processos Industriais.

Tabela 75. Emissões de GEE no Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	3.396	3.540	3.046	3.011	3.268	3.724	4.300	4.738	4.744	4.495
CH ₄	1,12	0,87	0,89	1,02	1,04	1,02	1,18	1,44	1,47	1,54
N ₂ O	11	13	12	16	16	17	13	12	19	19
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	0,0	0,1	0,1	0,2
SF ₆	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0013	0,0015	0,0016
CFC-11	0,67	0,61	1,23	1,23	1,24	1,23	1,08	1,10	1,14	1,14
CFC-12	0,11	0,12	0,14	0,16	0,21	0,25	0,24	0,23	0,22	0,24
CFC-113	0,26	0,23	0,17	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02
HCFC-22	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,6
HCFC-141b	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
VOC	59	65	70	77	84	90	96	104	101	133
NO _x	1,0	1,2	1,4	1,7	2,4	2,4	2,4	2,7	2,8	2,9
CO	3,5	4,4	5,3	6,2	9,0	9,1	8,8	10,0	10,3	10,9

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	4.577	3.978	3.864	3.394	3.418	12.685	12.281	12.968	12.218	
CH ₄	1,52	1,47	1,34	1,50	1,58	1,51	NE	NE	NE	
N ₂ O	20	16	20	18	22	23	NE	NE	NE	
HFC-134a	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
SF ₆	0,0016	0,0016	0,0017	0,0018	0,0019	0,0020	0,0020	0,0021	0,0022	
CFC-11	1,39	1,39	0,34	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	
CFC-12	0,24	0,20	0,21	0,19	0,19	0,18	0,20	0,20	0,18	
CFC-113	0,02	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
HCFC-22	1,8	1,6	1,9	1,9	2,0	2,1	2,4	2,4	3,0	
HCFC-141b	NE	NE	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	1,1	1,1	
VOC	146	112	139	162	171	185	190	217	214	
NO _x	3,0	3,0	3,1	3,8	4,4	4,6	5,1	5,3	5,4	
CO	11,4	11,2	11,6	14,2	16,5	17,1	18,9	19,9	20,2	

Nota: NE - Não Estimado

As emissões de CH₄ e N₂O foram estimadas até 2005 de acordo com as emissões do Subsetor da Indústria Química; as emissões de CFC-113 foram estimadas de 1990 a 2000, devido ao processo de eliminação de seu uso no Subsetor de Solventes; as emissões de

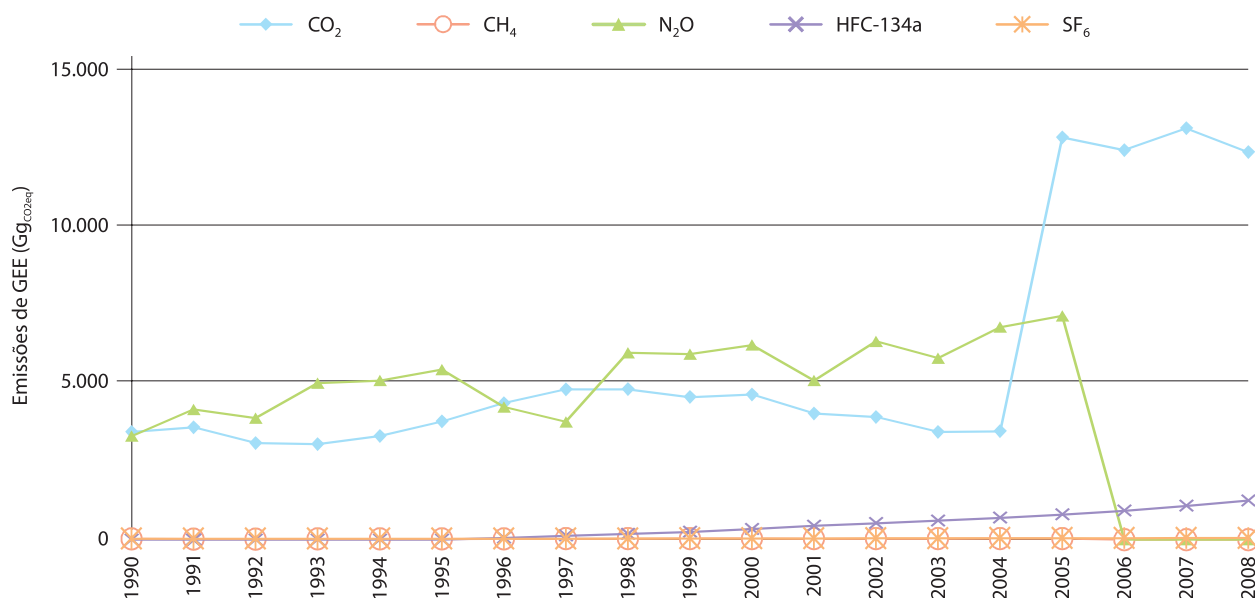
HFC-134a foram estimadas a partir de 1996, pois este começou a ser utilizado como alternativa ao uso dos CFC e HCFC; as emissões de HCFC-141b foram estimadas a partir de 2002.

Tabela 76. Emissões Totais de GEE no Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
CO ₂	3.396	3.540	3.046	3.011	3.268	3.724	4.300	4.738	4.744	4.495
CH ₄	23	18	19	21	22	21	25	30	31	32
N ₂ O	3.261	4.103	3.833	4.933	5.015	5.361	4.182	3.713	5.893	5.848
HFC-134a	NE	NE	NE	NE	NE	NE	54	125	180	245
SF ₆	31	31	31	31	31	31	31	31	36	38
Total	6.711	7.693	6.929	7.996	8.335	9.137	8.592	8.637	10.884	10.659

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]								
CO ₂	4.577	3.978	3.864	3.394	3.418	12.685	12.281	12.968	12.218
CH ₄	32	31	28	31	33	32	NE	NE	NE
N ₂ O	6.137	5.015	6.252	5.720	6.701	7.057	NE	NE	NE
HFC-134a	334	435	517	599	689	789	911	1.064	1.231
SF ₆	38	38	41	43	45	48	48	50	53
Total	11.118	9.497	10.702	9.787	10.887	20.610	13.240	14.082	13.502

Gráfico 37. Emissões de GEE do Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq}).



O Gráfico 38 e o Gráfico 39 apresentam a distribuição das emissões de GEE do Setor de Processos Industriais, em 2005 por Subsetor

e por gás. Por não haver estimativas do Subsetor de Produção Química em 2008, essa representação não é apresentada.

Gráfico 38. Emissões de GEE do Setor de Processos Industriais por Subsetor em 2005 no Estado de São Paulo (20.610 Gg)

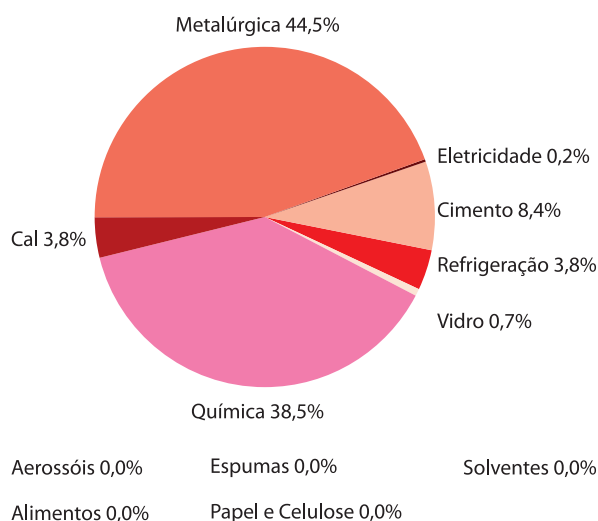
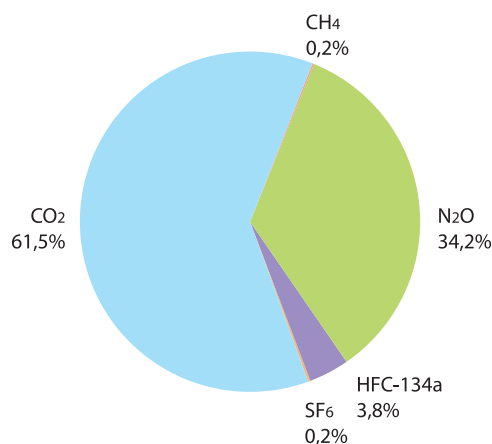


Gráfico 39. Emissões de GEE do Setor de Processos Industriais por gás em 2005 no Estado de São Paulo (20.610 Gg)



Na Tabela 77 e na Tabela 78 são apresentadas as emissões de GEE do Setor de Processos Industriais, por gás e por Subsetor, inclusive das substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal.

Tabela 77. Emissões de GEE controlados pelo Protocolo de Montreal, do Setor de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
CFC-11	3.164	2.888	5.833	5.857	5.890	5.864	5.134	5.224	5.401	5.414
CFC-12	1.153	1.322	1.532	1.761	2.278	2.763	2.635	2.460	2.421	2.604
CFC-113	1.571	1.390	1.017	685	533	410	248	148	111	113
HCFC-22	1.198	1.298	1.408	1.528	1.656	1.796	1.783	1.928	2.125	2.807
HCFC-141b	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Total	7.086	6.898	9.791	9.831	10.357	10.833	9.800	9.760	10.058	10.938

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]								
CFC-11	6.609	6.585	1.606	120	135	151	167	187	209
CFC-12	2.648	2.161	2.302	2.083	2.117	1.976	2.158	2.147	1.942
CFC-113	100	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
HCFC-22	3.233	2.916	3.497	3.463	3.709	3.779	4.261	4.292	5.381
HCFC-141b	NE	NE	406	477	592	592	579	798	787
Total	12.589	11.662	7.811	6.142	6.552	6.499	7.165	7.424	8.319

Nota: NE - Não Estimado

Tabela 78. Emissões de GEE, inclusive os Controlados pelo Protocolo de Montreal, dos Setores de Processos Industriais no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
Cimento	2.293	2.441	1.854	1.791	1.934	2.345	2.893	3.041	3.087	3.026
Química	3.889	4.693	4.480	5.555	5.727	6.057	4.861	4.467	6.640	6.631
Metalúrgica	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Alimentos e Bebidas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Papel e Celulose	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Espuma	3.164	2.888	5.833	5.857	5.890	5.809	5.078	5.163	5.334	5.339
Refrigeração	2.352	2.620	2.941	3.289	3.934	4.312	4.215	4.234	4.413	5.307
	Outros									
Produção de Cal	457	472	499	533	554	601	645	848	823	594
Vidro	41	56	65	86	89	103	108	125	118	125
Fugitivas Eletricidade	31	31	31	31	31	31	31	31	36	38
Aerossóis	NE	NE	NE	NE	NE	301	313	339	380	424
Solventes	1.571	1.390	1.017	685	533	410	248	148	111	113
Total	13.796	14.591	16.720	17.827	18.692	19.971	18.392	18.396	20.942	21.597

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
Cimento	2.853	2.384	2.128	1.705	1.564	1.734	2.229	2.459	2.500	
Química	6.946	5.731	7.086	6.494	7.572	7.933	NE	NE	NE	
Metalúrgica	NE	NE	NE	NE	NE	9.459	9.587	10.023	9.224	
Alimentos e Bebidas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Papel e Celulose	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
Espuma	6.527	6.493	1.907	477	592	592	586	809	800	
Refrigeração	5.833	5.087	5.857	5.652	5.976	5.953	6.686	6.812	7.802	
	Outros									
Produção de Cal	816	781	798	806	877	789	608	640	642	
Vidro	131	128	132	140	139	142	138	143	141	
Fugitivas Eletricidade	38	38	41	43	45	48	48	50	53	
Aerossóis	464	516	564	612	674	742	804	867	948	
Solventes	100	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
Total	23.707	21.158	18.513	15.929	17.439	27.392	20.686	21.803	22.110	

Nota: NE - Não Estimado, NA - Não Aplicável

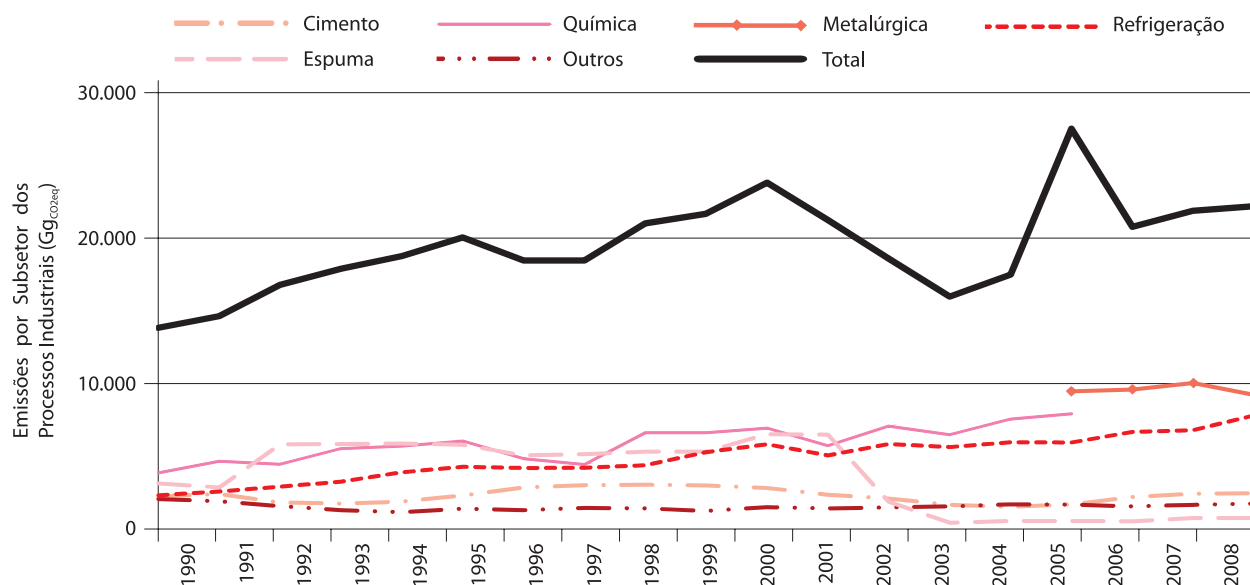
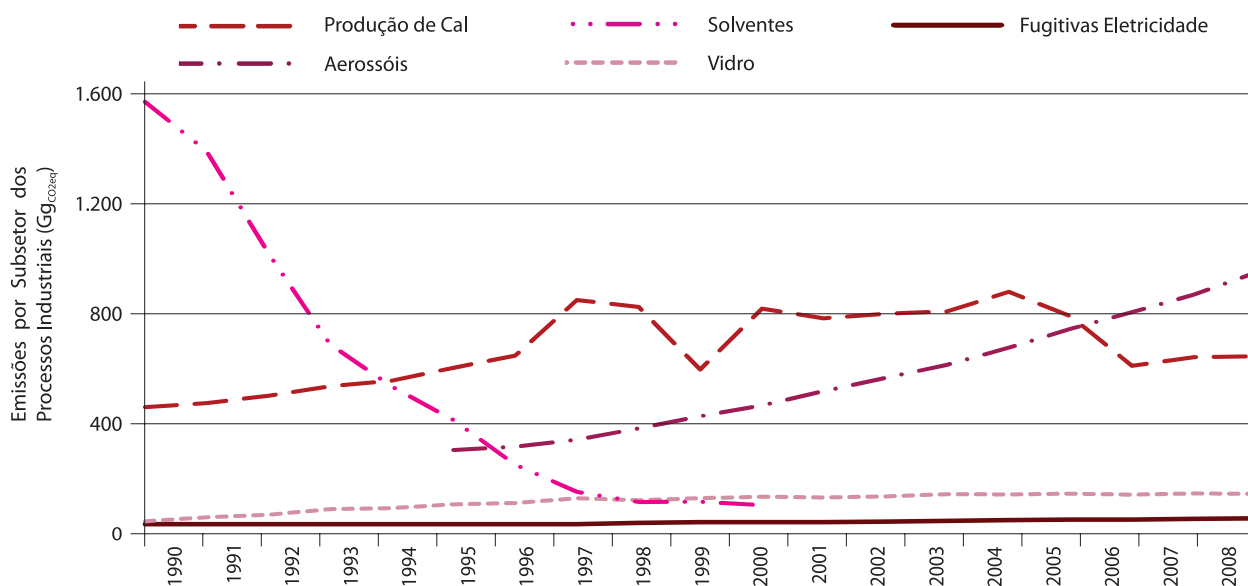
As emissões de CFC-113 foram estimadas de 1990 a 2000, devido ao processo de eliminação de seu uso no Subsetor de Solventes; e as emissões de HCFC-141b foram estimadas a partir de 2002.

As emissões do Subsetor de Metalurgia foram estimadas a partir de 2005. As emissões dos Subsetores de Alimentos e Bebidas e de Papel e Celulose não constam na Tabela 78 por emitirem apenas GEE Indiretos. As emissões de aerossóis foram estimadas a partir de 1995; e as emissões de GEE do Subsetor de Solventes foram estimadas de 1990 a 2000.

Nos Gráficos 40 e 41, são apresentadas as emissões de GEE por Subsetor dos Processos

Industriais, inclusive os controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo.

De acordo com o Gráfico 41 é possível observar as oscilações nas emissões de GEE durante o período de 1990 a 2008. Essas oscilações são decorrentes, principalmente, de variações nas atividades de economia, alterando os dados da produção de bens. Além disso, a evolução da tecnologia empregada nos processos altera os FE. Isso ocorreu, por exemplo, na Produção de Alumínio, que reduziu suas emissões específicas nesse período, e na Produção Química, que promoveu a recuperação do N₂O em

Gráfico 40. Emissões de GEE por Subsetor dos Processos Industriais, inclusive os Controlados pelo Protocolo de Montreal no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})**Gráfico 41.** Emissões de GEE no Setor de Processos Industriais Inferiores a 2.000 Gg_{CO_2eq} no Estado de São Paulo

projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Além disso, tratados internacionais, dos quais o país é signatário, forçaram o banimento e redução do uso de substâncias, principalmente aquelas que destroem a camada de ozônio.

Entre 1990 e 1997, as emissões totais de GEE sofreram uma queda em decorrência da diminuição das emissões de GEE na indústria de Espumas, Solventes e Química.

Entre 1998 e 2000, as emissões totais de GEE sofreram um aumento em decorrência das emissões de GEE na Indústria do Cimento, Refrigeração, Aerossóis, Química, Espumas e de Emissões Fugitivas no Setor de Eletricidade.

As emissões totais de GEE sofreram uma queda entre 2000 e 2003 em decorrência da diminuição das emissões na Indústria do Cimento, Cal, Química, Vidro, Espumas, Refrigeração e Solventes.

O pico observado em 2005 está relacionado ao aumento das emissões de GEE nas indústrias de Cimento, Química, Vidro, Fugitivas de Eletricidade e Aerossóis; além de coincidir com o início do período da estimativa de emissões do Subsetor de Metalurgia. A queda observada após o ano de 2005 deve-se, principalmente, à falta de informações das emissões de GEE na Indústria Química.

5.3 Agropecuária

5.3.1 Pecuária: Fermentação Entérica e Dejetos

O Inventário das Emissões de GEE da Pecuária no Estado de São Paulo é um produto do convênio⁶⁰ celebrado entre a CETESB, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e a Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE). Neste relatório são apresentadas estimativas de emissões de CH₄ provenientes da pecuária no Estado de São Paulo, para o período de 1990 a 2008.

A pecuária contribui com emissões de CH₄ por meio da fermentação entérica, que é parte do processo digestivo anaeróbico dos herbívoros ruminantes, e do manejo de dejetos de animais (BRASIL, 2006 apud EMBRAPA, 2011b). De acordo com o método do IPCC (1996), incluem-se na categoria de animais ruminantes: o gado de leite, o gado de corte, búfalos, ovelhas e cabras. A contribuição de animais não ruminantes, como cavalos, mulas, asnos e suínos (IPCC, 1996) é considerada irrelevante para as emissões globais de CH₄, representando 5% das emissões totais de CH₄ por animais domésticos (JENSEN apud BRASIL, 2010a). A categoria de aves é incluída apenas na estimativa das emissões pelo manejo de dejetos animais (IPCC, 1996).

Com relação ao manejo de dejetos de animais, quando o material orgânico é decomposto sob condições anaeróbicas, pode-se produzir

uma quantidade considerável de CH₄, especialmente quando os dejetos são estocados na forma líquida (em lagoas, charcos e tanques). Entretanto, devido às características da pecuária no Estado de São Paulo, conduzida a pasto, as lagoas de tratamento anaeróbico constituem uma fração pequena em termos de sistema de manejo de dejetos animais. Os resíduos animais depositados na pastagem secam e decompõem-se no campo, de modo que são esperadas quantidades mínimas de emissão de CH₄ a partir dessa fonte.

De acordo com a base de dados da Produção Pecuária Municipal (PPM), do IBGE, em 1990, excluída a população de aves, 78,9% da pecuária no Estado de São Paulo era representada por bovinos, seguidos de 13,0% de suínos e 3,9% de equinos. Em 2008, estas proporções foram de 80,5; 12,2 e 2,8%, respectivamente. Ovinos equivalem a 3,3%, bubalinos a 0,4%, muares e asininos a 0,04% e caprinos a 0,5%. Na Tabela 79, são apresentados os números de cabeças por ano e por animal, excluída a população de aves (IBGE, 2010 apud EMBRAPA, 2011b).

Para a maior parte dos rebanhos, empregou-se o *Tier 1* no cálculo de emissões de GEE, com a adoção de fatores de emissão (FE) *default* do IPCC (1996). Entretanto, o IPCC orienta que se desenvolva um nível de detalhamento maior para os cálculos de emissões de CH₄ dos rebanhos de gado de leite, de corte e suíno. Para esses casos, calculou-se os FE pela abordagem *Tier 2* (IPCC, 1996). Nesse cálculo, o gado de corte foi subdividido em machos (2%), fêmeas (34%) e jovens (64%), conforme consulta a especialistas. O método do IPCC (1996) também leva em conta o clima da região de criação dos animais. Os tipos climáticos do Estado de São Paulo foram obtidos a partir de dados de normais climatológicas (INMET apud BRASIL, 2010a). O resultado obtido foi uma faixa entre 15 e 25°C, que corresponde ao clima temperado.

60. O convênio foi firmado com recursos do contrato entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Tabela 79. População de Animais no Estado de São Paulo (10³ animais)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[10 ³ animais]									
Bovinos	12.263	12.262	12.394	12.690	12.974	13.148	12.798	12.827	12.753	13.069
Equinos	612	609	624	615	621	615	581	564	553	539
Bubalinos	68	66	65	64	63	63	57	53	53	56
Asininos	6	7	7	9	8	9	6	7	7	7
Muare	221	203	196	183	170	163	93	101	94	87
Suínos	2.027	2.081	2.036	2.015	2.099	2.143	1.849	1.835	1.934	1.913
Caprinos	110	108	106	107	101	102	65	76	75	73
Ovinos	239	233	224	217	210	224	257	239	229	233

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[10 ³ animais]									
Bovinos	13.092	13.258	13.701	14.046	13.766	13.421	12.790	11.791	11.186	
Equinos	542	540	532	516	500	494	473	422	382	
Bubalinos	56	59	57	69	71	72	71	67	61	
Asininos	7	7	7	7	7	7	6	6	5	
Muare	86	84	80	80	78	76	74	54	45	
Suínos	1.902	1.904	1.845	1.709	1.699	1.707	1.728	1.724	1.691	
Caprinos	70	70	70	72	73	75	76	70	63	
Ovinos	234	253	258	288	303	345	378	415	453	

Fonte: IBGE/PPM (2010) apud EMBRAPA (2011b)

Fermentação Entérica

A emissão de GEE por fermentação entérica, depende do tipo de animal, do tipo e da quantidade de alimento, do seu grau de digestibilidade e da intensidade da atividade física do animal, em função das diversas práticas de criação. O consumo de alimento está relacionado ao tamanho do animal, às condições ambientais, à taxa de crescimento e à produção de leite, de carne, de lã e de gestação. Geralmente, quanto maior esse consumo, maior será a emissão de CH₄ e quanto melhor a qualidade da dieta, menor será esta emissão por unidade de alimento ingerido (EMBRAPA, 2011b).

O IBGE divulga anualmente os efetivos da pecuária paulista na Produção Pecuária Municipal (PPM). São relatados os números de cabeças de bovinos, suínos, bubalinos, caprinos, ovinos, equinos, asininos, muare 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 os números

de efetivos foram detalhados por município, segundo a base de dados da PPM (IBGE, 2010 apud EMBRAPA, 2011b).

Manejo de Dejetos

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. O Inventário de GEE do Estado de São Paulo baseou-se no Censo Agropecuário de 2006 do IBGE (apud EMBRAPA, 2011b), que levantou informações entre os produtores sobre como manejavam os dejetos. Os resultados foram associados aos sistemas de manejo descritos pelo IPCC (2000a), que lista diferentes sistemas e respectivos FE de CH₄.

Classificaram-se os criadores de suínos em grandes e pequenos produtores, em função do tamanho da propriedade (IBGE, 2010 apud EMBRAPA, 2011b). Em São Paulo, 9% dos produtores são pequenos. Para os rebanhos de bovinos, equinos, asininos e muare, ovinos, caprinos e bubalinos, predomina a deposição de dejetos diretamente na

pastagem. De acordo com os dados disponíveis, informações estatísticas e a opinião de especialistas, foram considerados quatro períodos para os sistemas de manejo de dejetos: 1990 a 2003; 2004 e 2005; e 2006 a 2008.

Foram utilizados dados de produção de leite da PPM (IBGE, 2010 apud EMBRAPA, 2011b) para cada ano no período de 1990 a 2008, 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. Os demais dados zootécnicos do gado bovino foram divididos em três períodos: 1990 a 1995; 1996 a 2001; e 2002 a 2006.

Na Tabela 80 e Tabela 81, são apresentadas as estimativas das emissões totais de CH₄

provenientes da fermentação entérica e de sistemas de manejo de dejetos de animais da pecuária paulista, respectivamente, no período de 1990 a 2008 (EMBRAPA, 2011b).

De acordo com a EMBRAPA (2011b), em 2008 as emissões de CH₄ pela pecuária paulista foram estimadas em 675,96 Gg, sendo 92,1% atribuídas ao processo de fermentação entérica e 7,9% ao manejo de dejetos.

Este resultado representa uma redução de 7,6% em relação ao ano de 1990 (731,61 Gg_{CH₄}), em função da redução do rebanho. Em 2008, as categorias de gado bovino (leite e corte) contribuíram com 97,6% das emissões de CH₄ por fermentação entérica, enquanto as demais classes animais contribuíram com 2,4% das emissões.

Tabela 80. Emissões de CH₄ da Pecuária Provenientes da Fermentação Entérica no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CH₄} ·ano ⁻¹]									
Gado Leite	142	144	148	150	148	147	128	134	126	121
Macho Adulto	12	11	12	12	12	12	12	12	12	13
Fêmea Adulta	231	229	230	237	240	244	251	245	251	260
Jovem	285	283	285	293	301	307	306	303	305	316
Equinos	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10
Bubalinos	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3
Asininos	0,06	0,07	0,07	0,09	0,08	0,09	0,06	0,07	0,07	0,07
Muare	2,2	2,0	2,0	1,8	1,7	1,6	0,9	1,0	0,9	0,9
Suínos	2,0	2,1	2,0	2,0	2,1	2,1	1,9	1,8	1,9	1,9
Caprinos	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4
Ovinos	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2
Galos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galinhas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	689	688	695	711	722	730	715	712	712	727

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CH₄} ·ano ⁻¹]								
Gado Leite	122	118	115	117	114	111	110	104	98
Macho Adulto	13	13	13	14	14	13	13	12	11
Fêmea Adulta	261	266	273	285	280	272	263	241	229
Jovem	318	325	330	339	333	324	308	283	269
Equinos	10	10	10	9	9	9	9	8	7
Bubalinos	3	3	3	4	4	4	4	4	3
Asininos	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
Muare	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,5	0,5
Suínos	1,9	1,9	1,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Caprinos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
Ovinos	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3
Galos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galinhas	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	731	739	748	772	757	739	711	656	622

Tabela 81. Emissões de CH₄ da Pecuária Provenientes de Sistemas de Manejo de Dejetos Animais no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CH₄} .ano ⁻¹]									
Gado Leite	4,5	4,66	4,79	4,83	4,79	4,75	3,89	4,12	3,83	3,67
Macho Adulto	0,32	0,32	0,32	0,33	0,34	0,35	0,35	0,34	0,35	0,36
Fêmea Adulta	4,82	4,78	4,81	4,94	5,09	5,18	5,17	5,13	5,16	5,35
Jovem	13,6	13,5	13,59	13,96	14,37	14,63	13,89	13,78	13,87	14,38
Equinos	0,98	0,98	1,00	0,98	0,99	0,98	0,93	0,9	0,89	0,86
Bubalinos	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06
Asininos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Muare	0,2	0,18	0,18	0,16	0,15	0,15	0,08	0,09	0,08	0,08
Suínos	7,09	7,28	7,13	7,05	7,35	7,5	6,47	6,42	6,77	6,7
Caprinos	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Ovinos	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Galos	6,84	7,19	7,47	7,76	8,01	9,22	11,44	13,39	13,07	13,23
Galinhas	4,12	4,32	4,47	4,23	4,29	4,48	4,35	4,47	4,47	4,76
Total	42,61	43,35	43,89	44,36	45,5	47,37	46,69	48,75	48,6	49,51

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CH₄} .ano ⁻¹]									
Gado Leite	3,58	3,46	3,43	3,45	3,35	3,27	3,2	3,02	2,85	
Macho Adulto	0,36	0,37	0,36	0,37	0,36	0,35	0,34	0,31	0,29	
Fêmea Adulta	5,38	5,49	5,71	5,87	5,76	5,61	5,33	4,89	4,65	
Jovem	14,47	14,75	15,34	15,77	15,48	15,08	14,33	13,16	12,49	
Equinos	0,87	0,86	0,85	0,82	0,8	0,79	0,76	0,67	0,61	
Bubalinos	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	
Asininos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0	
Muare	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,04	
Suínos	6,66	6,66	6,46	5,98	5,95	5,97	6,05	6,03	5,92	
Caprinos	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Ovinos	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	
Galos	12,46	12,84	12,8	13,5	13,68	15,64	16,36	19,76	22,05	
Galinhas	4,63	4,56	4,49	4,59	4,73	4,58	4,72	4,64	5,01	
Total	48,61	49,19	49,63	50,56	50,32	51,51	51,31	52,69	54,05	

5.3.2 Cultivo de Arroz Irrigado

O Inventário das Emissões de GEE pelo Cultivo de Arroz Irrigado no Estado de São Paulo entre 1990 e 2008 é produto de convênio⁶¹ celebrado entre a CETESB, a FUNARBE e a EMBRAPA.

Segundo Pereira e Machado (1987 apud EMBRAPA, 2011d) o arroz pode ser cultivado sob os seguintes sistemas de produção:

- arroz irrigado, plantado em várzeas sistematizadas;

- arroz de sequeiro, plantado em terras mais altas;
- arroz cultivado em várzeas úmidas e em áreas favorecidas pela irrigação por aspersão.

A decomposição anaeróbia da matéria orgânica presente na água dos campos de arroz irrigado ou inundado é uma importante fonte de emissão de CH₄. Esse processo não ocorre quando o arroz é cultivado em terras altas (arroz de sequeiro) (BRASIL, 2010a).

61. O convênio foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Conforme dados disponíveis na página de *internet* do Instituto de Economia Agrícola (IEA), o Gráfico 42 demonstra a evolução da área de arroz de sequeiro e várzea e de arroz irrigado do Estado de São Paulo. Dados de arroz irrigado são apresentados somente a partir de 1992. Em 2008, a área total de produção de arroz no estado sofreu uma redução de 89% em relação a 1992, apresentando área total de 20.606 ha, sendo 39% cultivado em regime de sequeiro e várzea e 61% em regime de irrigação.

A legislação ambiental prevê a preservação de áreas de várzea, o que limita a sua utilização para o cultivo de arroz. Já a produção de arroz de sequeiro tem mostrado sinais de recuperação devido ao desenvolvimento de novas variedades mais produtivas e viáveis economicamente. Segundo dados do IEA, entre 1983 e 2009, houve um aumento de 22% na produtividade de arroz de sequeiro. O arroz irrigado, com grande parte de suas áreas de cultivo mecanizadas e empregando fertilizantes químicos, também apresentou aumento de 42% na produtividade.

As informações do IEA acerca do cultivo de arroz não discriminam as áreas ocupadas por arroz de sequeiro e por arroz de várzea. Além disso, para as áreas de arroz irrigado, os sistemas de irrigação não são diferenciados, o

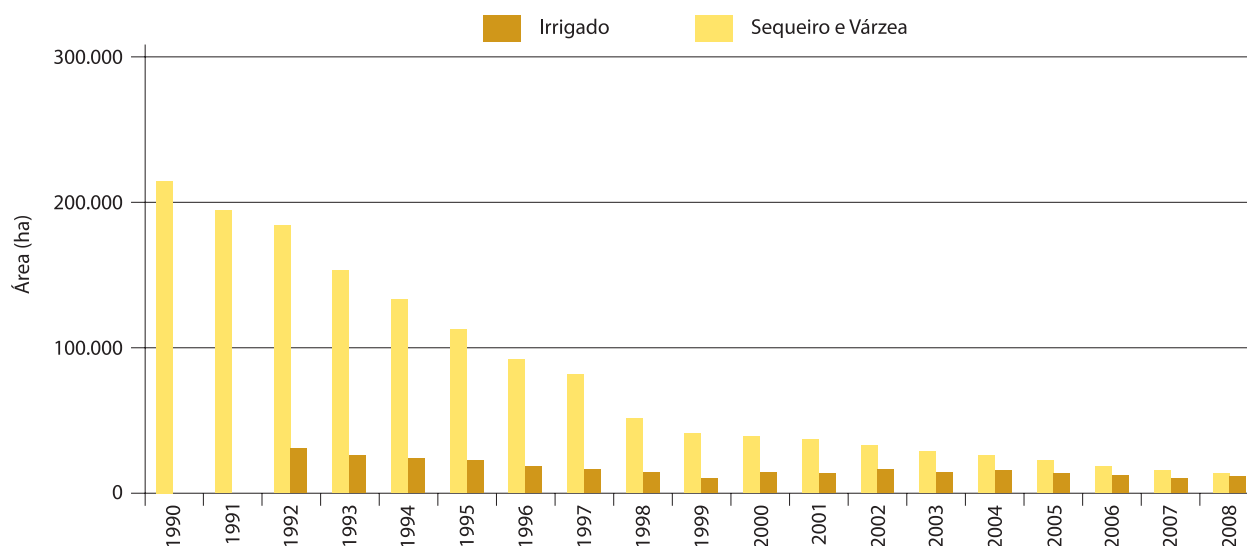
que dificulta a distinção das áreas de cultivo sob o regime de inundação e de várzea e, por consequência, a elaboração das estimativas de emissão de GEE (EMBRAPA, 2011d).

As emissões de CH₄ geradas pelo cultivo de arroz irrigado por inundação no estado foram estimadas para o período de 1990 a 2008 utilizando o método de inventário de GEE do IPCC (1996; 2000a).

As emissões de CH₄ geradas pelo cultivo de arroz inundado no estado foram estimadas a partir dos dados de áreas por município do IEA, tendo como subsídio a consulta aos escritórios regionais da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) e a especialistas no Setor.

As emissões anuais de CH₄ correspondem a soma das emissões de diferentes cultivos de arroz. De acordo com os estudos feitos em diversos países, a emissão de CH₄ é influenciada por diversos fatores como temperatura, radiação solar, tipo de adubação, tipo de cultivares e tipos de solos (BRASIL, 2010a). Para o Estado de São Paulo, não existem estudos para determinar o FE específico. Por esse motivo, foram utilizados FE *default* do IPCC. O FE utilizado é, ainda, multiplicado por um fator de escala de emissão, relativo aos diferentes ecossistemas sob os quais as emissões

Gráfico 42. Evolução da Área Colhida de Arroz no Estado de São Paulo (ha)



de CH₄ podem variar segundo seu regime de água (IPCC, 1996):

1. sequeiro (ou terra firme): os campos nunca são inundados;
2. terras baixas: os campos são inundados por um período significativo de tempo. Apresentam os seguintes tipos de regime de água: irrigado⁶², alimentado por chuva (várzea seca ou várzea úmida) ou arroz de água profunda⁶³.

As emissões anuais geradas sob cada condição são somadas para a obtenção da emissão anual de CH₄ no estado no período de 1992 a 2008, considerando que a área de arroz irrigado só ficou disponível em 1992. As emissões totais, segundo o método do IPCC (1996) foram estimadas em 1,45 Gg_{CH₄}.ano⁻¹ para o ano de 2005. O resultado das emissões em 2005, mostrado na Tabela 82, corresponde a 39% da emissão de CH₄ de 1992.

As estimativas de emissão de CH₄ proveniente do cultivo de arroz de várzea e irrigado do Estado de São Paulo diferem das apresentadas no Relatório de Referência, para o Inventário Nacional (EMBRAPA MEIO AMBIENTE, 2008

apud EMBRAPA, 2011d), devido à obtenção de dados mais detalhados para o Estado de São Paulo, em função de consultas a especialistas e literatura disponível.

5.3.3 Queima de Resíduos Agrícolas

O Inventário das Emissões de GEE pela Queima de Resíduos Agrícolas no Estado de São Paulo é um produto de convênio⁶⁴ celebrado entre a CETESB, a EMBRAPA e a FUNARBE. Este relatório apresenta as estimativas das emissões de CH₄, CO, N₂O e NO_x, originados da queima de resíduos da pré-colheita da cana-de-açúcar, no período de 1990 a 2008.

O Estado de São Paulo é o principal produtor de açúcar e álcool do Brasil, sendo responsável por mais de 60 % da produção nacional (BRASIL, 2010a). 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. Porém, em função da legislação ambiental e da melhoria da tecno-

Tabela 82. Emissões de CH₄ pelo cultivo de Arroz de Várzea e Irrigado por Inundação no Estado de São Paulo de 1990 a 2008 (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CH₄} .ano ⁻¹]									
Arroz de várzea	1,60	1,52	0,36	0,18	0,22	0,19	0,17	0,16	0,18	0,18
Arroz irrigado por inundação	NE	NE	3,39	3,27	3,04	2,96	2,82	2,65	2,13	2,29
Total	1,60	1,52	3,75	3,45	3,26	3,15	2,99	2,81	2,31	2,47

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CH₄} .ano ⁻¹]								
Arroz de várzea	0,10	0,06	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,01	0,02
Arroz irrigado por inundação	2,22	2,30	2,08	2,13	2,14	1,42	1,40	1,39	2,12
Total	2,32	2,36	2,13	2,16	2,17	1,45	1,44	1,40	2,14

Nota: NE: Não Estimado

62. O regime de água irrigado é classificado como continuamente inundado ou intermitentemente inundado (com aeração única ou múltiplas aerações).

63. Os campos de arroz de água profunda podem ser subdivididos em campos inundados com profundidade de água de 50 a 100 cm, ou com profundidade de água acima de 100 cm.

64. O convênio foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

logia de colheita mecanizada, esta prática tem sido progressivamente reduzida. A Lei Estadual 11.241/2002 (SÃO PAULO, 2002), dispõe sobre a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, determina que nas áreas em que a inclinação é menor do que 12%, o uso do fogo deverá ser substituído gradativamente até 2021 pela colheita mecanizada. Para as demais áreas, a queima deverá ser totalmente eliminada até 2031 (EMBRAPA, 2011c).

Para a elaboração das estimativas, utilizou-se o método do IPCC (1996, 2000a). As informações de área de colheita e produção de cana-de-açúcar foram obtidas do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA), do

IBGE, no 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) (EMBRAPA, 2011c).

A Tabela 83 apresenta as estimativas de emissões de CO, CH₄, N₂O e NOx provenientes da queima de resíduos da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo para o período de 1990 a 2008.

A área colhida e a produtividade da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo aumentaram 150 e 12%, respectivamente, entre 1990 e 2008, promovendo um acréscimo de 180% na produção. No mesmo período, houve

Tabela 83. Emissões Atmosféricas da Queima de Resíduos de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CH ₄	0,061	0,060	0,065	0,066	0,077	0,078	0,077	0,061	0,061	0,059
N ₂ O	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003
CO	1,288	1,273	1,360	1,389	1,627	1,635	1,617	1,285	1,291	1,242
NOx	0,109	0,108	0,115	0,118	0,138	0,139	0,137	0,109	0,110	0,105

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg.ano ⁻¹]								
CH ₄	0,051	0,054	0,059	0,065	0,066	0,070	0,073	0,067	0,075
N ₂ O	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004
CO	1,069	1,141	1,237	1,362	1,393	1,482	1,537	1,419	1,581
NOx	0,091	0,097	0,105	0,116	0,118	0,126	0,131	0,121	0,132

um aumento de apenas 22,7% nas emissões atmosféricas, fato atribuído ao aumento da mecanização da colheita no estado (EMBRAPA, 2011c).

5.3.4 Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos

O Inventário das Emissões de GEE nos Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos no Estado de São Paulo é produto de convênio⁶⁵ celebrado entre a CETESB, a EMBRAPA e a FUNARBE. Este relatório apresenta as estimativas das

emissões de N₂O provenientes do manejo de dejetos das espécies/categorias do rebanho estadual e de solos agrícolas para o Estado de São Paulo, no período de 1990 a 2008.

O método utilizado para a realização do Inventário de emissões de N₂O dos Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos é o IPCC (1996; 2000a).

Considera-se como manejo de dejetos a forma como estes são coletados e armazenados até a sua aplicação em solos agrícolas. Os sistemas de manejo considerados foram: esterqueiras, uso ou não de camas em aviários, lagoa anaeróbia, biodigestores e outros não

65. O convênio foi firmado com recursos da parceria entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

identificados. As emissões de N_2O de solos agrícolas são divididas em diretas e indiretas, sendo que as emissões diretas ocorrem pela adição aos solos de fertilizantes sintéticos (F_{SN}) e adubos orgânicos (dejetos manejados) (F_{AM}), pelo cultivo de plantas fixadoras de N_2 (F_{BN}), deposição de resíduos de colheita (F_{CR}), e pela mineralização de nitrogênio associada ao cultivo de solos orgânicos (F_{OS}), além do N contido em dejetos depositados diretamente em pastagens. As emissões indiretas de N_2O são calculadas sobre a porção do N adicionado aos solos como fertilizantes e adubos orgânicos (esterços) que é volatilizada como NH_3 e NO_x e, posteriormente, depositada nos solos e corpos d'água, e também daquela perdida por lixiviação e escoamento superficial.

Além disso, devem ser reportadas como emissões de N_2O de solos agrícolas aquelas diretas e indiretas provenientes da deposição de excretas (fezes e urina) de animais em pastagens (EMBRAPA, 2011a).

Em função dos resultados de pesquisas realizadas no Brasil e também da revisão do método do IPCC (2006), decidiu-se por não considerar a emissão pelo cultivo de plantas fixadoras de N_2 (F_{BN}) como fonte direta de N_2O e utilizar um fator de emissão direta (FE_1) de 0,010, aplicado sobre as quantidades totais de N de fertilizantes e adubos orgânicos aplicadas aos solos.

Quanto aos resultados obtidos entre 1990 e 2008, as emissões de N_2O pelo manejo de dejetos praticamente dobrou. 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 dejetos e, por isso, suas contribuições para as emissões totais se mantiveram estáveis, em níveis mais baixos. As emissões de N_2O nos biodigestores aumentaram a partir de 2004, mas as quantidades são ainda muito baixas em comparação aos outros sistemas (EMBRAPA, 2011a).

Com relação aos solos agrícolas, o total de N_2O emitido no Estado de São Paulo aumentou de 1990 a 2008. As diferentes fontes 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, principalmente em função da diminuição do rebanho de bovinos. Ao contrário da tendência de queda nas emissões de N_2O de excretas em pastagens, o aumento das emissões de N_2O de resíduos de culturas mostra a tendência de Mudança do Uso da Terra de pastagens para lavoura, mais especificamente a cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2011a).

As emissões totais de N_2O de solos agrícolas apresentam uma tendência de aumento no sentido Norte-Sul e Leste-Oeste do estado. Ao Sul, o aumento das emissões de N_2O se explica 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 nitrogênio (N) pelos bovinos. Na região Leste, as emissões são mais baixas em função de ser pouco utilizada para produção (EMBRAPA, 2011a). Na Tabela 84 são apresentadas as emissões de N_2O pelos sistemas de manejo de dejetos e na Tabela 85 são apresentadas as emissões de N_2O emitidas diretamente e indiretamente pelos solos agrícolas, devido ao uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos, adubação com dejetos de animais, resíduos de culturas, cultivo de solos orgânicos e deposição de excretas animais diretamente em pastagens.

Tabela 84. Emissões de N₂O pelos Sistemas de Manejo de Dejetos no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
Esterqueiras	0,044	0,045	0,045	0,046	0,046	0,046	0,046	0,047	0,047	0,047
Aviário (com e sem cama)	0,449	0,467	0,484	0,502	0,519	0,563	0,608	0,652	0,696	0,741
Lagoa anaeróbica	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,008	0,008
Biodigestor	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Outros	0,454	0,460	0,466	0,472	0,478	0,475	0,472	0,470	0,467	0,464
Total	0,956	0,980	1,004	1,028	1,052	1,094	1,135	1,177	1,218	1,260

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
Esterqueiras	0,047	0,046	0,046	0,045	0,045	0,044	0,045	0,046	0,047	
Aviário (com e sem cama)	0,785	0,822	0,860	0,897	0,935	0,972	1,099	1,227	1,354	
Lagoa anaeróbica	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	
Biodigestor	0,000	0,000	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	
Outros	0,461	0,461	0,462	0,462	0,463	0,463	0,459	0,455	0,451	
Total	1,301	1,339	1,376	1,414	1,451	1,489	1,614	1,738	1,863	

Tabela 85. Emissões de N₂O Diretas e Indiretas no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
Diretas	21,68	22,25	22,82	23,39	23,96	24,1317	24,3033	24,475	24,6467	24,8183
Fertilizantes e adubos (animal)	6,28	6,6325	6,985	7,3375	7,69	7,76333	7,83667	7,91	7,98333	8,05667
Resíduos de culturas	2,44	2,47	2,5	2,53	2,56	2,69333	2,82667	2,96	3,09333	3,22667
Solos orgânicos	1,91	1,96	2,01	2,06	2,11	2,16	2,21	2,26	2,31	2,36
Excretas depositadas em pastagens	11,04	11,18	11,32	11,46	11,6	11,5167	11,4333	11,35	11,2667	11,1833
Indiretas	8,12	8,2325	8,345	8,4575	8,57	8,53667	8,50333	8,47	8,43667	8,40333
Total	29,800	30,483	31,165	31,848	32,530	32,668	32,807	32,945	33,083	33,222

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
Diretas	24,99	25,55	26,11	26,67	27,23	27,79	27,9633	28,1367	28,31	
Fertilizantes e adubos (animal)	8,13	8,446	8,762	9,078	9,394	9,71	9,94	10,17	10,4	
Resíduos de culturas	3,36	3,538	3,716	3,894	4,072	4,25	4,72	5,19	5,66	
Solos orgânicos	2,41	2,46	2,51	2,56	2,61	2,66	2,72667	2,79333	2,86	
Excretas depositadas em pastagens	11,1	11,116	11,132	11,148	11,164	11,18	10,58	9,98	9,38	
Indiretas	8,37	8,398	8,426	8,454	8,482	8,51	8,21667	7,92333	7,63	
Total	33,360	33,948	34,536	35,124	35,712	36,300	36,180	36,060	35,940	

5.3.5 Calagem

O Inventário das Emissões de GEE pela Calagem no Estado de São Paulo foi realizado pela CETESB.

A Calagem é uma prática agrícola que contribui para o aumento da produtividade pois, entre outros efeitos, corrige a acidez do solo⁶⁶, fornece cálcio (Ca) e magnésio (Mg) como nutrientes, melhora a eficiência dos fertilizantes, aumenta a disponibilidade dos nutrientes, diminui ou elimina os efeitos tóxicos do alumínio⁶⁷ (Al) e do magnésio (Mg), melhora o sistema radicular das plantas e melhora também a atividade microbiana do solo (SINDICAL, 2010a apud CETESB, 2011a).

Para estimar as emissões de CO₂ foi empregado o método do IPCC (1996, 2000a). Embora, em geral, o efeito da Calagem tenha duração de alguns anos depois da nova adição de calcário, as diretrizes do IPCC (2000a) consideram as emissões de CO₂ de todo o calcário adicionado no ano de aplicação.

O método do IPCC (2000a) divide em três níveis de detalhamento as estimativas de CO₂ por Calagem, sendo que para as estimativas deste documento emprega-se o *Tier 1*. Foi considerado o CaCO₃ como montante de carbonato aplicado anualmente na agricultura, devido a falta de dados por tipo de carbonato. Consequentemente, aplica-se um FE fornecido pelo IPCC (2000a) sem qualquer diferenciação entre as composições variáveis dos carbonatos.

Para dimensionar a quantidade de calcário empregado na agricultura, foram utilizados os dados anuais de comercialização do Estado de São Paulo no período de 1990 a 2008, conforme a Tabela 86. A Tabela 87 apresenta as estimativas das emissões de CO₂ referentes ao processo de Calagem em solos agrícolas no Estado de São Paulo no período de 1990 a 2008.

Os resultados demonstram que, salvo algumas exceções, o uso do calcário na agricultura aumentou a cada ano, o que explica o aumento das emissões estimadas no período.

Tabela 86. Quantidade de Calcário na Agricultura no Estado de São Paulo (Gg)

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

Fonte: SINDICAL (2010b) apud CETESB (2011a)

Tabela 87. Emissões de CO₂ na Calagem no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2} .ano ⁻¹]									
CO ₂	931	968	1.509	1.589	2.009	1.479	1.512	1.639	1.583	1.410
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO2} .ano ⁻¹]									
CO ₂	1.462	1.380	1.408	1.691	1.327	1.476	1.805	1.865	1.462	

66. A acidificação do solo pode ser influenciada pelos seguintes fatores: lixiviação dos nutrientes do solo através da precipitação; utilização de alguns tipos de fertilizantes; decomposição da matéria orgânica; remoção das camadas superficiais por erosão (SINDICAL, 2010a apud CETESB, 2011a).

67. A toxicidade de 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 apud CETESB, 2011a).

5.3.6 Emissões Totais de GEE do Setor Agropecuário

As Tabelas 88, 89 e 90, assim como os Gráficos 43 e 44, apresentam as emissões do Setor Agropecuário.

Tabela 88. Emissões Totais de GEE da Agropecuária no Estado de São Paulo (Gg_{CO_2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg_{CO_2eq},ano^{-1}]									
CO ₂	931	968	1.509	1.589	2.009	1.479	1.512	1.639	1.583	1.410
CH ₄	15.405	15.386	15.607	15.932	16.179	16.399	16.061	16.035	16.016	16.357
N ₂ O	9.535	9.754	9.973	10.192	10.412	10.467	10.523	10.579	10.634	10.690
Total	25.872	26.108	27.089	27.713	28.600	28.345	28.097	28.253	28.232	28.457

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg_{CO_2eq},ano^{-1}]									
CO ₂	1.462	1.380	1.408	1.691	1.327	1.476	1.805	1.865	1.462	
CH ₄	16.425	16.605	16.802	17.331	17.001	16.627	16.032	14.910	14.242	
N ₂ O	10.746	10.940	11.134	11.328	11.522	11.716	11.717	11.719	11.720	
Total	28.633	28.924	29.343	30.349	29.850	29.818	29.554	28.493	27.423	

Tabela 89. Emissões Totais de GEE da Agropecuária no Estado de São Paulo (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg,ano^{-1}]									
CO ₂	931	968	1.509	1.589	2.009	1.479	1.512	1.639	1.583	1.410
CH ₄	734	733	743	759	770	781	765	764	763	779
N ₂ O	31	31	32	33	34	34	34	34	34	34
CO	1,3	1,3	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,3	1,3	1,2
NOx	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg,ano^{-1}]									
CO ₂	1.462	1.380	1.408	1.691	1.327	1.476	1.805	1.865	1.462	
CH ₄	782	791	800	825	810	792	763	710	678	
N ₂ O	35	35	36	37	37	38	38	38	38	
CO	1,1	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,6	
NOx	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

Tabela 90. Emissões de GEE da Agropecuária por Subsetor no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]									
Arroz	34	32	79	72	68	66	63	59	49	52
Queima da Cana	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2
Solo Agrícola	9.238	9.450	9.661	9.873	10.084	10.127	10.170	10.213	10.256	10.299
Manejo de Dejetos	1.191	1.214	1.233	1.250	1.282	1.334	1.332	1.388	1.398	1.430
Entérica	14.475	14.443	14.605	14.927	15.153	15.336	15.016	14.951	14.945	15.264
Calagem	931	968	1.509	1.589	2.009	1.479	1.512	1.639	1.583	1.410
Total	25.872	26.108	27.089	27.713	28.600	28.345	28.097	28.253	28.232	28.457

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO2eq} .ano ⁻¹]								
Arroz	49	50	45	45	46	30	30	29	45
Queima da Cana	2	2	2	2	2	3	3	2	3
Solo Agrícola	10.342	10.524	10.706	10.888	11.071	11.253	11.216	11.179	11.141
Manejo de Dejetos	1.424	1.448	1.469	1.500	1.507	1.543	1.578	1.645	1.713
Entérica	15.354	15.521	15.713	16.222	15.898	15.513	14.923	13.772	13.060
Calagem	1.462	1.380	1.408	1.691	1.327	1.476	1.805	1.865	1.462
Total	28.633	28.924	29.343	30.349	29.850	29.818	29.554	28.493	27.423

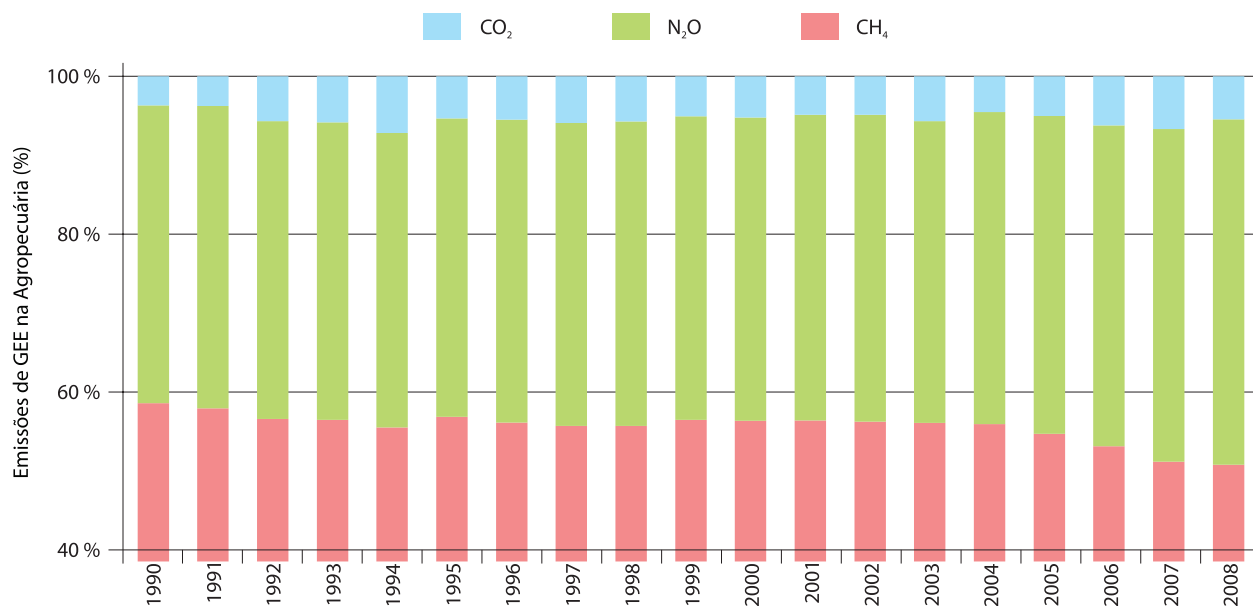
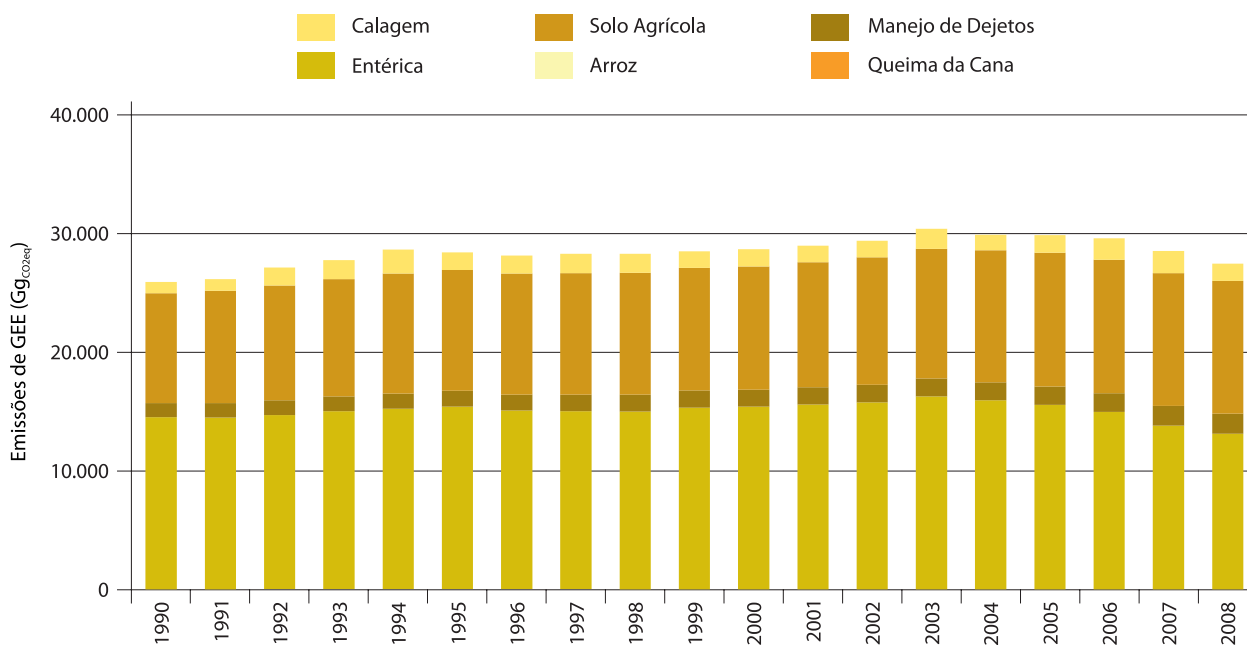
Gráfico 43. Emissões de GEE na Agropecuária no Estado de São Paulo (%)

Gráfico 44. Emissões de GEE na Agropecuária por Subsetor no Estado de São Paulo (Gg_{CO2eq})



A seguir, no Gráfico 45 e no Gráfico 46, são apresentadas as emissões de GEE do Setor de Agropecuária por Subsetor nos anos de 2005 e 2008.

Gráfico 45. Emissões de GEE na Agropecuária por Subsetor em 2005 no Estado de São Paulo (29.818 Gg_{CO2eq})

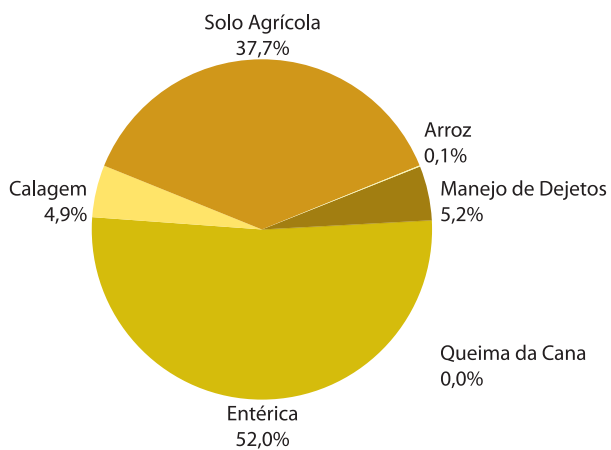
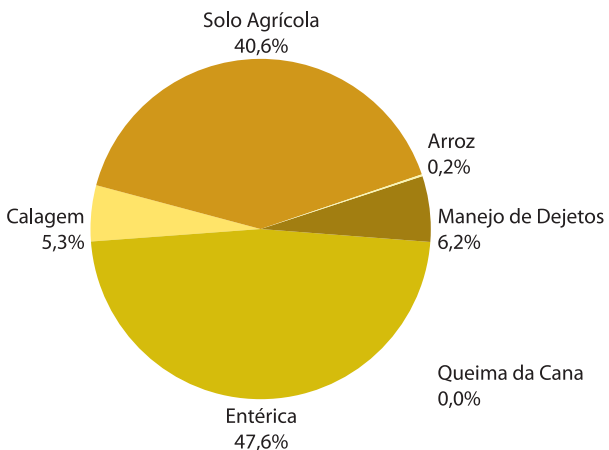


Gráfico 46. Emissões de GEE na Agropecuária por Subsetor em 2008 no Estado de São Paulo (27.423 Gg_{CO2eq})



5.4 Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas

O Inventário das Emissões de GEE pelo Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (UTMUTF) foi realizado conforme contrato⁶⁸ firmado entre a CETESB e a Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE), contando com o apoio do INPE.

Este relatório traz as estimativas de emissões antrópicas líquidas que resultam das fontes de emissão e das remoções de CO₂ da atmosfera, associadas ao UTMUTF no Estado de São Paulo, para os períodos de 1994 a 2002, de 2002 a 2005 e de 2005 a 2008.

Para a geração das informações contidas neste trabalho, foi necessária a identificação das áreas sob diferentes categorias de Uso da Terra e categorizadas conforme a permanência ou não dessas áreas em uma mesma categoria de uso, nos diferentes períodos de tempo analisados.

O trabalho aplicou a aproximação sugerida pelo IPCC para separar as emissões antrópicas daquelas não antrópicas. Assim, todas as emissões e remoções de carbono ocorridas em áreas manejadas são consideradas de origem antrópica. Neste trabalho

considerou-se toda área de floresta e de vegetação nativa não florestal (Campo) contida em Terras Indígenas e no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), conforme a Lei 9.985/2000, excetuando-se as Reservas Particulares de Preservação Natural (RPPN) (BRASIL, 2000), como parte das áreas manejadas no território paulista.

As categorias de Uso da Terra utilizadas foram as sugeridas no Guia de Boa Prática para Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2003), que compreendem: Floresta, Campo, Agricultura, Áreas Alagadas, Áreas Urbanas e Outras Áreas. A categoria Floresta foi subdividida em floresta não manejada, floresta manejada, floresta secundária e reflorestamentos, enquanto a classe Campo foi subdividida em campo não manejado, campo manejado, campo com vegetação secundária e pastagem plantada. Esse Guia de Boa Prática reconhece que algumas das categorias acima referem-se à cobertura da terra (exemplo: Floresta, Áreas Alagadas), e outras ao uso da terra (exemplo: Agricultura, Áreas Urbanas). Contudo, este documento refere-se a ambas as categorias como categorias de Uso da Terra, resumidas na Tabela 91.

Tabela 91. Categorias de Uso da Terra

Abreviatura	Categoria	Categoria IPCC
FNM	Floresta não manejada	Floresta (<i>Forest</i>)
FM	Floresta manejada	
FSec	Floresta secundária	
Ref	Reflorestamento	
GNM	Campo não manejado	Campo (<i>Grassland</i>)
GM	Campo manejado	
GSec	Campo com vegetação secundária	
Ap	Pastagem plantada	Área agrícola (<i>Cropland</i>)
Ac	Área agrícola	
S	Área urbana	Área urbana (<i>Settlements</i>)
A	Rios e lagos (área não manejada)	Área alagada (<i>Wetlands</i>)
Res	Reservatórios (área manejada)	
O	Outros usos	Outros usos (<i>Other land</i>)
NO	Área não observada	

Fonte: FUNCATE (2011)

68. Esse contrato foi firmado com recursos do contrato entre a Embaixada Britânica e a CETESB, para colaborar com o Projeto Apoio à Política Climática do Estado de São Paulo.

Utilizaram-se também algumas definições nacionais para classificar as categorias de uso da terra, sendo elas (FUNCATE, 2011):

- **Floresta** - categoria de Uso da Terra com as seguintes características:
 - a) mínimo de cobertura de copa das árvores: 10%,
 - b) mínimo de área de terra: 0,5 ha,
 - c) mínimo de altura de árvore: 5 m.

A categoria floresta foi dividida nas seguintes subcategorias:

i) Floresta primária

Floresta onde a ação humana não provocou significativas alterações das suas características originais de estrutura e de espécies. Também denominada Floresta Clímax.

ii) Reflorestamento

Compreende as áreas plantadas ou em preparo para o plantio de essências florestais (acácia-negra, eucalipto, pinheiro, etc.), incluindo as áreas ocupadas com viveiros de mudas de essências florestais.

■ Campo

i) Campo de vegetação primária

Campo em que a ação humana não provocou significativas alterações das suas características originais de estrutura e de espécies.

ii) Pastagem

Abrange as áreas destinadas ao pastoreio e estabelecidas mediante plantio.

■ Agricultura

Abrange todas as áreas cultivadas com lavouras temporárias e permanentes.

■ Áreas alagadas

Extensão de marismas, pântanos, turfeiras ou águas de regime natural ou artificial, permanentes ou temporárias, estancadas ou correntes, doces, salobras ou salgadas, incluindo as extensões de água marinha, cuja profundidade na maré-baixa não excede 6 metros. Inclui:

- i) lagos e rios,
- ii) reservatórios.

■ Áreas urbanas

Área interna ao perímetro urbano de uma cidade ou vila, definida por lei municipal. É caracterizada pela edificação contínua e pela existência de equipamentos sociais destinados às funções básicas, como habitação, trabalho, recreação e circulação.

■ **Outras áreas** (Exemplo: formações rochosas, mineração, dunas).

■ **Não observado** (área não sensorizada).

O Inventário de Emissões de GEE para UTMUTF utiliza uma abordagem metodológica que requer observações de Uso da Terra e Mudança do Uso da Terra para a representação de áreas. Quanto à representação das áreas, utilizou-se uma abordagem que estratifica o Estado de São Paulo em unidades espaciais na forma de polígonos, resultado da integração das seguintes fontes de dados:

- mapa de solos na escala de 1:5.000.000 (IBGE, 2003 apud FUNCATE, 2011);
- mapa de vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004 apud FUNCATE, 2011), que reconstitui a situação da vegetação no território brasileiro à época do seu descobrimento, na escala 1:5.000.000;

- limites municipais (IBGE apud FUNCATE, 2011);
- limites dos biomas brasileiros contidos no Estado de São Paulo (IBGE, 2004 apud FUNCATE, 2011);
- mapas de uso e cobertura da terra para cada ano analisado na escala 1:250.000 (FUNCATE, 2011).

Para a compilação e interpretação dos dados, utilizou-se o sistema TerraAmazon, uma ferramenta projetada para edição de bases geográficas vetoriais, armazenadas em um Sistema de Banco de Dados (SGBD) modelo TerraLib (www.terralib.org), em ambiente corporativo, distribuído e de uso concorrente. O TerraAmazon é um software livre disponível em (www.terraamazon.org). As imagens do satélite *Landsat 5*, utilizadas para interpretação das imagens foram georreferenciadas por comparação com imagens da NASA (GEOCOVER).

Os mapas de uso da terra foram gerados a partir da interpretação das imagens do satélite norte-americano *Landsat 5*. Os de 1994 e 2002 consistem em um recorte do Estado de São Paulo a partir dos mapas gerados para a Segunda Comunicação Nacional (BRASIL, 2010a). O conjunto dos mapas de uso e cobertura da terra dos anos 1994, 2002, 2005 e 2008, encontram-se em anexo (FUNCATE, 2011).

Foi realizada uma análise com base nas biomassas específicas e nos estoques de carbono associados a cada bioma existente no Estado de São Paulo (Cerrado e Mata Atlântica). Priorizou-se o uso de fatores de emissão (FE) específicos do Estado de São Paulo ao invés de valores *default* (Tier 1) apresentados pelo IPCC (2003). Os FEs associados ao Cerrado e à Mata Atlântica foram obtidos a partir da literatura indicada na Tabela 92 e na Tabela 93.

Tabela 92. Conteúdo de Carbono das Fisionomias Vegetais no Bioma Mata Atlântica Presentes no Estado de São Paulo.

Fisionomia Vegetal	Floresta/Campo	Conteúdo de C (t _c .ha ⁻¹)	Referência
Floresta Estacional Decidual Montana (Cm)	Floresta	104,95	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Decidual Submontana (Cs)	Floresta	116,27	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Densa Aluvial (Da)	Floresta	166,93	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (Db)	Floresta	135,76	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Densa Montana (Dm)	Floresta	122,92	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Densa Alto Montana (DI)	Floresta	122,92	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Densa Sub-Montana (Ds)	Floresta	122,92	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa)	Floresta	140,09	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm)	Floresta	140,09	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs)	Floresta	140,09	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana (MI)	Floresta	118,81	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Mista Montana (Mm)	Floresta	118,81	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Formação Pioneira com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa)	Floresta	105,64	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Formação Pioneira com Influência Fluviomarinha (Pf)	Floresta	98,16	COGLIATTI-CARVALHO & FONSECA, 2003
Formação Pioneira com Influência Marinha (Pm)	Floresta	94,48	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Refúgio Alto-Montano (RI)	Campo	6,55	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Refúgio Montano (Rm)	Campo	6,55	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Savana Arborizada (Sa)	Floresta	47,10	ABDALA, G. C. et al., 1998
Savana Florestada (Sd)	Floresta	77,80	ABDALA, G. C. et al., 1998
Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg)	Campo	16,30	ABDALA, G. C. et al., 1998
Savana Parque (Sp)	Campo	24,10	ABDALA, G. C. et al., 1998

Fonte: FUNCATE (2011), com adaptações

Tabela 93. Conteúdo de Carbono das Fisionomias Vegetais no Bioma Cerrado Presentes no Estado de São Paulo

Fisionomia Vegetal	Floresta/Campo	Conteúdo de C (t _c .ha ⁻¹)	Referência
Floresta Estacional Decidual Montana (Cm)	Floresta	104,95	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Decidual Submontana (Cs)	Floresta	116,27	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Densa Montana (Dm)	Floresta	139,03	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Fa)	Floresta	140,09	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Semidecidual Montana (Fm)	Floresta	140,09	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Fs)	Floresta	140,09	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana (MI)	Floresta	118,81	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Floresta Ombrófila Mista Montana (Mm)	Floresta	118,81	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Formação Pioneira com Influência Fluvial e/ou Lacustre (Pa)	Floresta	105,64	BRITEZ, R. M. et al., 2006
Savana Arborizada (Sa)	Floresta	47,10	ABDALA, G. C. et al., 1998
Savana Florestada (Sd)	Floresta	77,80	ABDALA, G. C. et al., 1998
Savana Gramíneo-Lenhosa (Sg)	Campo	16,30	ABDALA, G. C. et al., 1998
Savana Parque (Sp)	Campo	24,10	ABDALA, G. C. et al., 1998

Fonte: FUNCATE (2011), com adaptações

Além das emissões e remoções de carbono pela mudança do estoque de carbono na biomassa viva (acima e abaixo do solo), estimou-se também as emissões líquidas associadas à perda ou incremento de carbono no solo, resultante da Mudança do Uso da Terra (conversão de uma dada categoria de uso para outro tipo de categoria).

Para cada uma das associações solo-vegetação, foi adotado o mesmo estoque de carbono no solo sob vegetação natural utilizado no Primeiro Inventário Brasileiro. Aqui, adotou-se a mediana dos dados relatados no relatório de referência do 1° Inventário do Setor de UTMUTF (BRASIL 2006 apud FUNCATE, 2011), apresentados na Tabela 94.

Tabela 94. Estoque de Carbono no Solo (kg_C.m⁻²)

Vegetação	Categorias					
	Solo					
	Solos com argila de atividade alta (S1)	Latossolos com argila de atividade baixa (S2)	Não Latossolos com argila de atividade baixa (S3)	Solos arenosos (S4)	Solos hidromórficos (S5)	Outros Solos (S6)
kg C.m ⁻²						
Floresta Amazônica Aberta (V1)	5,09	4,75	4,89	4,11	4,36	—
Floresta Amazônica Densa (V2)	3,22	5,19	4,69	5,06	5,27	4,81
Floresta Atlântica (V3)	5,83	5,23	4,29	6,33	3,58	41,78
Floresta Estacional Decidual (V4)	4,67	3,08	4,00	2,59	3,27	3,18
Floresta Estacional Semi-decidua (V5)	4,09	4,43	3,74	2,70	5,36	3,16
Floresta Ombrófila Mista (V6)	9,88	10,25	5,68	—	8,54	—
Savana Sul (V7)	6,42	9,09	5,16	—	7,42	3,28
Savana Amazônica (V8)	4,80	1,98	3,81	4,37	3,46	2,90
Cerrado (V9)	2,44	4,31	3,60	1,92	6,65	3,29
Estepe do Sul (V10)	6,60	4,66	6,12	—	3,38	4,99
Estepe Nordeste (Caatinga) (V11)	2,42	2,58	2,62	1,51	2,51	2,09
Estepe Oeste (Pantanal) (V12)	3,38	—	3,52	3,54	10,52	2,17
Refúgios Ecológicos de Montanhas e Terras Altas (V13)	3,41	5,04	3,99	—	—	—
Áreas de Formação Pioneira (V14)	7,30	4,13	3,31	5,02	5,92	3,72
Áreas Arenosas e Vegetação Lenhosa Oligotrófica de Áreas Pantanosas (V15)	5,09	4,68	4,81	6,17	9,05	12,09

Nota: “—” - Categoria inexistente

Fonte: FUNCATE (2011), com adaptações

A metodologia utilizada para estimar a mudança do estoque de carbono na biomassa e no solo considera que o ganho ou a perda de carbono no solo, resultado da Mudança do Uso da Terra, ocorre durante o período de 20 anos (IPCC, 2003 apud FUNCATE, 2011).

Para estimar a remoção anual de carbono em Áreas Manejadas de Vegetação Nativa com Fisionomia Florestal (Remf), foi adotado o fator de $0,62 \text{ t}_c \cdot (\text{ha} \cdot \text{ano})^{-1}$ (PHILLIPS et al, 1998 apud FUNCATE, 2011). Para as Áreas Manejadas de Vegetação Nativa com Fisionomia Não Florestal (Remg), adotou-se o valor zero para Remg, por não haver informação sobre a ocorrência de remoção nessa fisionomia.

Para obtenção do estoque médio de carbono em Reflorestamento (AvRef) e do incremento médio anual de carbono em Reflorestamento em formação (IncrRef), foi necessário diferenciar as áreas plantadas com Pinus das áreas plantadas com *Eucaliptus*, espécies dominantes no país, utilizando-se a informação estatística de distribuição dessas culturas no estado. Para o Estado de São Paulo, foram obtidos os dados reproduzidos na Tabela 95.

Tabela 95. Área Reflorestada no Estado de São Paulo (ha)

Área Plantada com Eucaliptos e Pinus em 2005		
	(ha)	(%)
<i>Eucaliptus</i>	798.522	84
<i>Pinus</i>	148.020	16
Total	946.542	100

Fonte: ABRAF (2010) apud FUNCATE (2011)

Por fim, para os reflorestamentos com *Eucaliptus*, adotou-se o fator de $41 \text{ m}^3 \cdot (\text{ha} \cdot \text{ano})^{-1}$ para o incremento médio anual líquido do volume adequado para o processamento industrial (BRACELPA, 2010 apud FUNCATE, 2011). Este valor equivale a um incremento (IncrRef) igual a $14,11 \text{ t}_c \cdot (\text{ha} \cdot \text{ano})^{-1}$.

Quanto ao estoque médio de carbono em pastagem plantada, agricultura anual e agricultura perene, foram utilizados os seguintes dados (Tabela 96).

Tabela 96. Estoque Médio de Carbono em Pastagem Plantada, Agricultura Anual e Agricultura Perene ($\text{t}_c \cdot \text{ha}^{-1}$)

Descrição	Quantidade
	$\text{t}_c \cdot \text{ha}^{-1}$
Pastagem plantada	8,05
Agricultura anual	5,00
Agricultura perene	21,00

Fonte: IPCC (2003)

Para as áreas de agricultura perene, adotou-se o valor $2,6 \text{ t}_c \cdot (\text{ha} \cdot \text{ano})^{-1}$ para o incremento médio anual em áreas recém formadas. Porém, somente tendo por base interpretações de satélite, não foi possível distinguir áreas de agricultura perene ou anual.

Foram assim utilizados dados auxiliares do IBGE (1990-2006 apud FUNCATE 2011), para estimar a contribuição relativa de plantações anuais e perenes no Estado de São Paulo e assim estimar o estoque médio de carbono em Área Agrícola (AvAgr), e o incremento médio anual de carbono em Área Agrícola em formação (IncrAgr), obtendo-se os dados apresentados na Tabela 97.

Tabela 97. Estoque Médio de Carbono e Incremento Médio Anual de Carbono em Área Agrícola ($\text{t}_c \cdot \text{ha}^{-1}$)

Fração		IncrAgr	AvAgr
Cultura permanente	Cultura anual	$\text{t}_c \cdot (\text{ha} \cdot \text{ano})^{-1}$	$\text{t}_c \cdot \text{ha}^{-1}$
0,18	0,82	6,00	7,90

Fonte: FUNCATE (2011)

Quanto às áreas de reservatórios, áreas urbanas e áreas de outros usos, assumiu-se carbono na biomassa igual a zero. No que diz respeito aos fatores de correção para estimar mudanças no estoque de carbono do solo devido a práticas de manejo (fMG), uso da terra (fLU), adição de fertilizantes (fI) foram utilizados os fatores indicados na Tabela 98, onde (fc) é o produto dos três fatores de correção, aplicando valores *default* do Manual de Boa Prática para Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (IPCC, 2003) ou valores específicos gerados através de consulta a especialistas.

Uso da Terra	f _{LU}	f _{MG}	f _l	f _c
FNM	1,00	—	—	1,00
FM	1,00	—	—	1,00
FSec	1,00	—	—	1,00
Ref	0,58	1,16	1,00	0,673
GNM	1,00	—	—	1,00
GM	1,00	—	—	1,00
GSec	1,00	—	—	1,00
Ap	1,00	0,97	1,00	0,97
Ac	0,58	1,16	0,91	0,612
S	0,00	—	—	0
A	0,00	—	—	0
Res	0,00	—	—	0
O	0,00	—	—	0

Tabela 98. Fatores de Alteração do Carbono do Solo com a Mudança do Uso da Terra.

Fonte: IPCC (2003) apud FUNCATE (2011)

Nota: “—” - Não se Aplica

Finalmente, gerou-se uma matriz de transições possíveis de categorias de Uso da Terra, exemplificada na Tabela 99, onde a diagonal principal (delimitada com borda espessa) indica a permanência em uma mesma categoria de uso da terra, e nas células fora da

diagonal a transição entre categorias de uso da terra. As células hachuradas representam os estados de permanência ou transição de uso da terra não observados nos períodos analisados.

Tabela 99. Matriz com as Transições Observadas⁶⁹

		Ano N+M												
		FNM	FM	Ref	GNM	GM	Ap	Ac	S	A	Res	O	NO	
Ano N	FNM													
	FM													
	Ref													
	GNM													
	GM													
	Ap													
	Ac													
	S													
	A													
	Res													
	O													
	NO													

69. Legenda: FNM - Floresta não manejada; FM - Floresta Manejada; Ref - Reflorestamento; GNM - Campo não manejado; GM - Campo manejado; Ap - Pastagem plantada; Ac - Área Agrícola; S - Área urbana; A - Rios e lagos (área não manejada); Res - Reservatório (área manejada); O - Outros Usos; NO - Áreas não observadas.

N – é um ano qualquer

M – é um número qualquer de anos do período de transição.

A partir dos resultados obtidos, observou-se que no primeiro período, de 1994 a 2002, houve uma Mudança do Uso da Terra correspondente a 62.480 ha (0,25% dos 24.823.681 ha mapeados). No segundo período, de 2002 a 2005, houve uma Mudança do Uso da Terra de 46.426 ha (0,19% do total mapeado), e no terceiro período, de 2005 a 2008 houve uma Mudança do Uso da Terra de 64.618 ha (0,26% do total mapeado).

São apresentadas, nas Tabelas 100, 101 e 102, as emissões líquidas de CO₂ relacionadas ao UTMUTF no Estado de São Paulo, correspondentes aos períodos de 1994 a 2002, 2002 a 2005 e 2005 a 2008, respectivamente.

As emissões líquidas médias anuais, de natureza antrópica totalizam -10.663,29 Gg_{CO2}, -11.753,35 Gg_{CO2} e -9.846,08 Gg_{CO2} no primeiro, segundo e terceiro períodos, respectivamente. O número negativo indica que houve remoção líquida de CO₂.

Tabela 100. Emissões Líquidas Totais de CO₂ de 1994 a 2002 no Estado de São Paulo (Gg)⁷⁰

CO ₂ (Gg)		Uso da Terra em 2002											
		FNM	FM	Ref	GNM	GM	Ap	Ac	S	A	Res	O	NO
Uso da Terra em 1994	FNM	-	-929,61				637,66	2.625,01	4.666,96		7.394,10	13,54	
	FM		-23.109,22					3,47	560,13		0,43		
	Ref			-									
	GNM				-	-	0,15	17,2			5,43		
	GM							2,24					
	Ap			-2.917,80			-		3,6		19,5		
	Ac							-	255,17		72,84	15,91	
	S												
	A										-	-	
	Res											-	
	O												-
	NO	-	-						-	-	-		
			Total = -10.663,29										

Fonte: FUNCATE (2011), com adaptações

70. Legenda: FNM - Floresta não manejada; FM - Floresta Manejada; Ref - Reflorestamento; GNM - Campo não manejado; GM - Campo manejado; Ap - Pastagem plantada; Ac - Área Agrícola; S - Área urbana; A - Rios e lagos (área não manejada); Res - Reservatório (área manejada); O - Outros Usos; NO - Áreas não observadas.

N – é um ano qualquer

M – é um número qualquer de anos do período de transição.

Tabela 101. Emissões Líquidas Totais de CO₂ de 2002 a 2005 no Estado de São Paulo (Gg)⁷⁰

CO ₂ (Gg)		Uso da Terra em 2005											
		FNM	FM	Ref	GNM	GM	Ap	Ac	S	A	Res	O	NO
Uso da Terra em 2002	FNM	-	-38,77					373,56			10,56		
	FM		-9.356,71				0,54						
	Ref												
	GNM												
	GM												
	Ap			-3.573,72									
	Ac								831,19				
	S												
	A												
	Res												
	O												
	NO												
			Total = -11.753,35										

Fonte: FUNCATE (2011), com adaptações

Tabela 102. Emissões Líquidas Totais de CO₂ de 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg)⁷¹

CO ₂ (Gg)		Uso da Terra em 2008											
		FNM	FM	Ref	GNM	GM	Ap	Ac	S	A	Res	O	NO
Uso da Terra em 2005	FNM	-	-150,23				44,22	402,60					
	FM		-9.432,32					54,76					
	Ref								1399,74		24,26		
	GNM												
	GM												
	Ap			-2583,56					147,42				
	Ac			-0,33			-0,01		246,41			0,96	
	S												
	A												
	Res												
	O												
	NO												
			Total = -9846,08										

Fonte: FUNCATE (2011), com adaptações

71. Legenda: FNM - Floresta não manejada; FM - Floresta Manejada; Ref - Reflorestamento; GNM - Campo não manejado; GM - Campo manejado; Ap - Pastagem plantada; Ac - Área Agrícola; S - Área urbana; A - Rios e lagos (área não manejada); RES - Reservatório (área manejada); O - Outros Usos; NO - Áreas não observadas.

N - é um ano qualquer

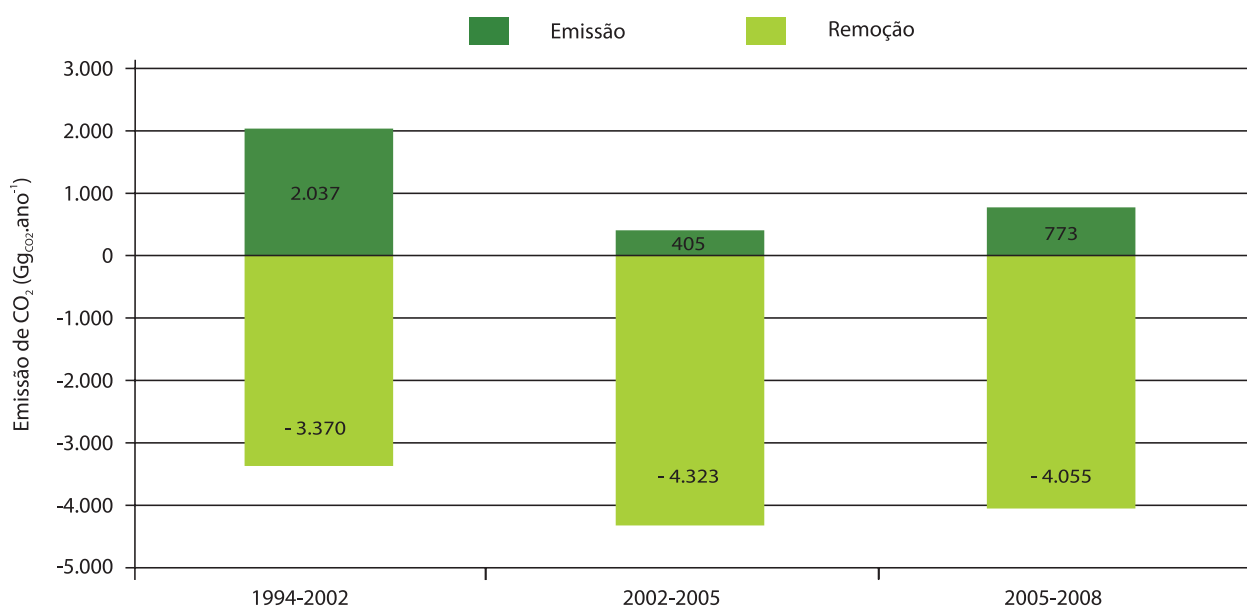
M - é um número qualquer de anos do período de transição.

A partir dos dados das Tabelas 100, 101 e 102, gerou-se o Gráfico 47, abaixo, que apresenta o balanço de CO₂ (emissão e remoção) nos três períodos analisados. O resultado obtido para cada período, em Gg_{CO₂}, foi dividido pela duração de cada período, obtendo-se assim uma média do balanço de CO₂ por ano. Para o cálculo, considerou-se o período como o intervalo entre os anos, excluindo-se o primeiro ano e incluindo-se o último, ou seja, no intervalo entre 1994 a 2002 foram contabilizados oito anos (1995-2002).

No Gráfico 47, pode-se observar que a emissão de CO₂ diminuiu do período de 1994 a 2002 para o período seguinte, apresentando um aumento no período de 2005 a 2008, que, contudo, continua sendo inferior à emissão do primeiro período.

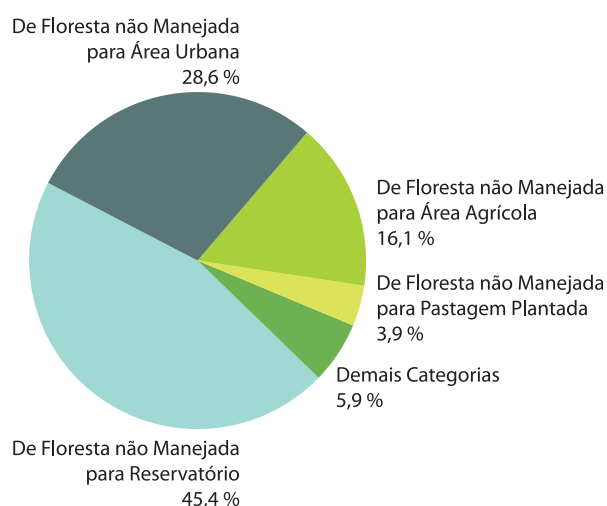
Nota-se também um aumento na remoção de CO₂ no estado, do primeiro para o segundo período, e uma diminuição no período seguinte.

Gráfico 47. Balanço da Média Anual de CO₂ nos Períodos de 1994 a 2002, de 2002 a 2005 e 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (Gg)



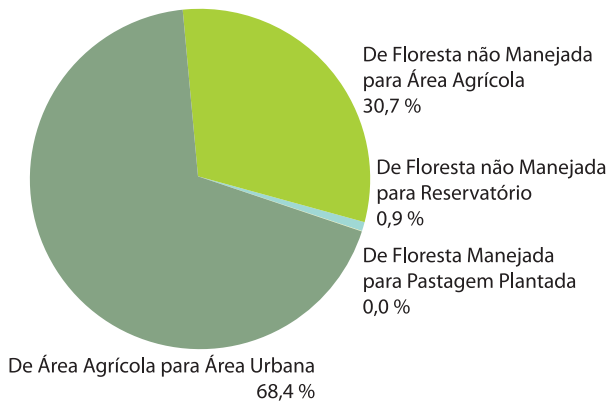
Os gráficos a seguir, apresentam a emissão de CO₂ nos períodos de 1994 a 2002, 2002 a 2005 e 2005 a 2008, respectivamente. No Gráfico 48, observa-se que, no primeiro período, a Mudança do Uso da Terra que mais influenciou nas emissões de CO₂ foi a transição de Floresta Não Manejada para Reservatório, seguida por Floresta Não Manejada convertida para Área Urbana, Floresta Não Manejada convertida para Área Agrícola e Floresta Não Manejada convertida para Pastagem Plantada.

Gráfico 48. Emissões de CO₂ no Período de 1994 a 2002 no Estado de São Paulo (16.293Gg)



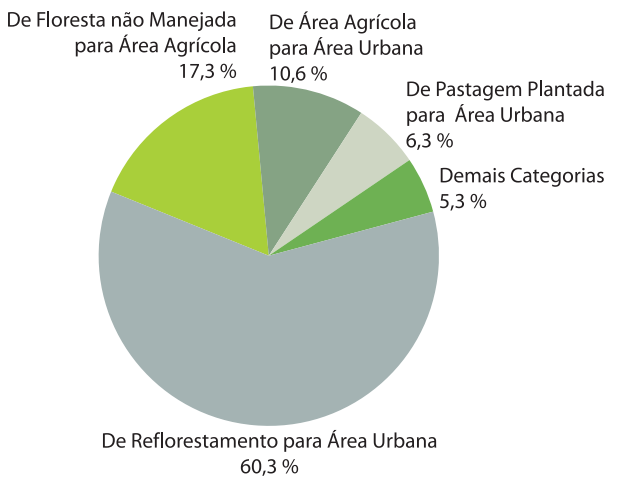
No Gráfico 49, observa-se que, no segundo período, a alteração que mais emitiu CO₂ foi a relacionada à transição de Área Agrícola para Área Urbana, seguida de Floresta Não Manejada convertida para Área Agrícola, Floresta Não Manejada convertida para Reservatório e Floresta Manejada convertida para Pastagem Plantada.

Gráfico 49. Emissões de CO₂ no Período de 2002 a 2005 no Estado de São Paulo (1.216 Gg)



No Gráfico 50, observa-se que, no terceiro período analisado, a Mudança do Uso da Terra mais relevante para as emissões totais de CO₂ foi a associada à transição de Reflorestamento em Área Urbana, seguida por Floresta Não Manejada convertida para Área Agrícola, Área Agrícola convertida para Área Urbana e Pastagem Plantada convertida para Área Urbana.

Gráfico 50. Emissões de CO₂ no Período de 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (2.320 Gg)



Nos Gráficos 51, 52, 53, a seguir, observa-se a remoção de CO₂ para os períodos analisados. Os três gráficos apresentam o mesmo padrão, sendo que a categoria de uso de solo que mais contribuiu para a remoção

de CO₂ da atmosfera foi a permanência de Floresta Manejada, seguida pela transição de Pastagem Plantada para Reflorestamento e pela Floresta Não Manejada convertida para Floresta Manejada.

Gráfico 51. Remoção de CO₂ no Período de 1994 a 2002 no Estado de São Paulo (26.957 Gg)

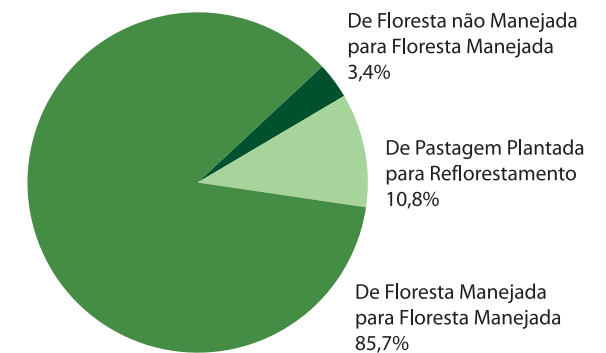


Gráfico 52. Remoção de CO₂ no Período de 2002 a 2005 no Estado de São Paulo (12.969 Gg)

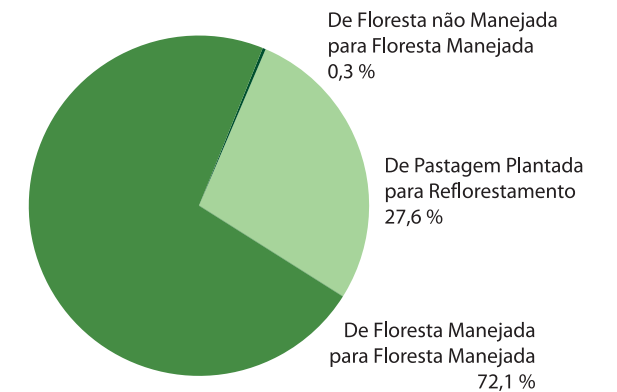
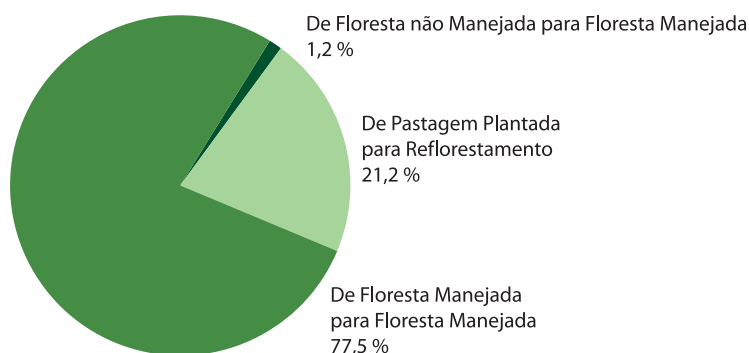


Gráfico 53. Remoção de CO₂ no Período de 2005 a 2008 no Estado de São Paulo (12.166 Gg)



5.5 Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos

5.5.1 Disposição ou Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos

O Inventário das Emissões de GEE do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos foi realizado pela CETESB.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2004 apud CETESB, 2011b), os resíduos sólidos ou semi-sólidos são resultados de atividades dos Setores Industrial, Doméstico, Hospitalar, Comercial, Agrícola, de Serviços de Varrição e dos Lodos e provenientes de sistemas de tratamento de água. São classificados em perigosos e não perigosos segundo a mesma norma. Contudo, para a criação deste inventário, foi adotada a classificação de resíduos sugerida nos métodos do IPCC.

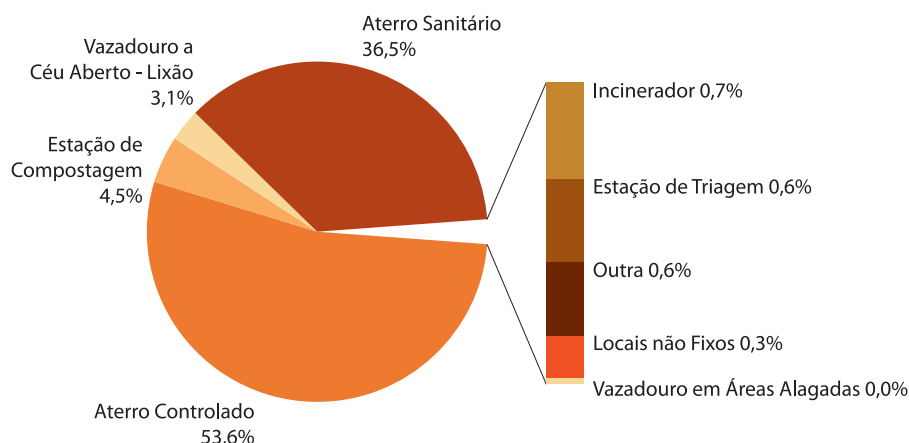
Os dez principais Setores Industriais geradores de carga orgânica do país são: produção de álcool, açúcar, cervejas, leite cru, algodão, papel e leite pasteurizado, além dos efluentes do processamento de suínos, aves e bovinos. No ano de 2005, a produção industrial no Estado de São Paulo gerou $5,4 \cdot 10^9$ t_{DBO}·ano⁻¹. No mesmo ano, uma população urbana de $38,5 \cdot 10^6$ hab gerou $9,7 \cdot 10^6$ t de resíduos sólidos urbanos e $758 \cdot 10^3$ t_{DBO}·ano⁻¹.

As estimativas realizadas consideraram as seguintes variáveis:

- população urbana (para aterramento de resíduos sólidos) e população urbana e rural (para efluentes domésticos),
- taxa de geração de resíduos sólidos urbanos e a composição associada a cada município,
- taxa de geração de matéria orgânica nos efluentes no Estado de São Paulo.

No Estado de São Paulo, dos 1.022 distritos, 941 apresentam serviços de limpeza urbana ou coleta de lixo. Estes 941 utilizam uma ou mais unidades de destinação. Por dia, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) foram coletados, em 2000, 105.582 t·dia⁻¹ de lixo no Estado de São Paulo (IBGE, 2002 apud CETESB, 2011b). O Gráfico 54 apresenta a distribuição percentual do lixo coletado por unidade de destino final.

Os efluentes domésticos se originam do uso da água nas residências, lavagem de roupas, banhos, descargas e também das atividades comerciais e industriais. Para a coleta do efluente, existem nas residências e estabelecimentos comerciais e industriais ligações que formam as redes coletoras. Essas são conectadas aos coletores-tronco, que recebem os esgotos de diversas redes. Logo, os esgotos vão para os interceptores, que podem ter como destino final uma

Gráfico 54. Distribuição, por Unidade de Destino Final do Resíduo Coletado em 2000 no Estado de São Paulo

Estação de Tratamento de Esgotos (ETE). De acordo com a PNSB, dos 1022 distritos do Estado de São Paulo, 948 possuíam coleta de esgoto sanitário em 2000. Destes, 177 utilizavam emissário para lançamento de esgoto sanitário, sendo a maioria dos corpos receptores os rios. Além disso, 387 dos 948 distritos que coletavam o esgoto não o tratavam, sendo lançados *in natura* em corpos d'água. 345 distritos despejavam o esgoto nos rios e, dos que coletavam o esgoto, 561 possuíam sistemas de tratamento. Por outro lado, 74 municípios não possuíam coleta, tendo como alternativa as fossas sépticas, sumidouros e fossas secas (IBGE, 2002 apud CETESB, 2011b).

Deve ser considerado que, mesmo com a melhora no gerenciamento e disposição de resíduos, ainda assim existem indicadores que revelam a necessidade de ações como reciclagem, entre outras, para reduzir a quantidade de resíduos disposta, o que significa um melhor aproveitamento dos recursos naturais e uma redução dos custos de disposição (CETESB, 2011b).

O método utilizado para a estimativa das emissões provenientes dos aterros é o de decaimento de primeira ordem (IPCC 1996, 2000a). Os FE foram obtidos na literatura, devidamente referenciados, e no IPCC (2006).

A definição da estratégia de elaboração de cada uma das estimativas deste inventário foi feita considerando as árvores de decisão

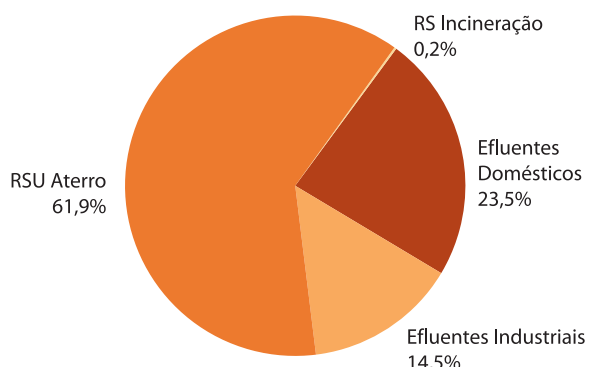
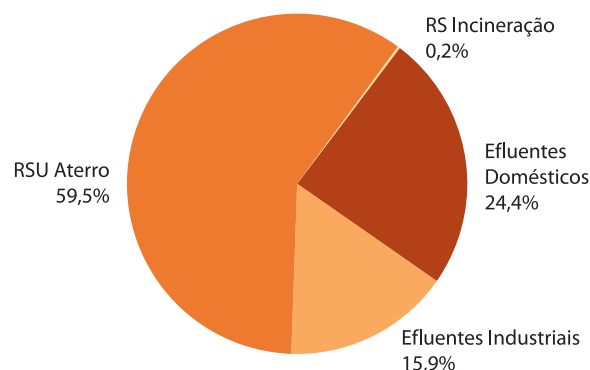
sugeridas pelo IPCC (2000a). A reprodução das árvores, juntamente com a estratégia adotada pela equipe executora deste inventário, e os dados utilizados encontram-se no Relatório de Referência do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos (CETESB, 2011b).

Os dados reunidos para a aplicação do método IPCC foram obtidos da literatura estadual. Para os casos em que esses dados não existem, recorreu-se aos FE *default* fornecidos pelo IPCC, que encontram-se divididos pelos temas a que se referem (IPCC 1996, 2000a):

- emissão de CH₄ em aterros,
- emissões de CO₂ e N₂O por incineração de resíduos sólidos,
- emissão de CH₄ pelo tratamento de efluentes domésticos,
- emissão de CH₄ pelo tratamento de efluentes industriais.

No Gráfico 55 e no Gráfico 56, são apresentadas as contribuições percentuais das atividades do Setor de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos nos anos de 2005 e 2008, sendo que a principal fonte de geração de GEE pelo Setor é a disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários.

Entre 1990 e 2008, as emissões anuais *per capita*⁷² de CH₄, devidas à disposição de resíduos sólidos em locais para disposição, tratamento anaeróbio de efluentes

Gráfico 55. Emissões de GEE no Setor de Resíduos, por Subsetor, em 2005 no Estado de São Paulo (9.365 Gg)**Gráfico 56.** Emissões de GEE no Setor de Resíduos, por Subsetor, em 2008 no Estado de São Paulo (9.219 Gg)

domésticos e tratamento anaeróbio de efluentes industriais passaram de 9,77 para 11,14 $\text{kg}_{\text{CH}_4}(\text{hab.ano})^{-1}$. Da mesma forma, as emissões anuais *per capita* de GEE, ou seja, de CH_4 , N_2O e CO_2 , multiplicadas pelos seus respectivos GWP e somadas, passaram de 205,16 para 234,38 $\text{kg}_{\text{CO}_2\text{eq}}(\text{hab.ano})^{-1}$.

Na Tabela 103, Tabela 104 e Gráfico 57, são apresentadas as emissões totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes em Gg e em $\text{Gg}_{\text{CO}_2\text{eq}}$ e, na Tabela 105, a Emissão de Resíduos e Efluentes por tipo de destinação.

Tabela 103. Emissões Totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes no Estado de São Paulo (Gg)

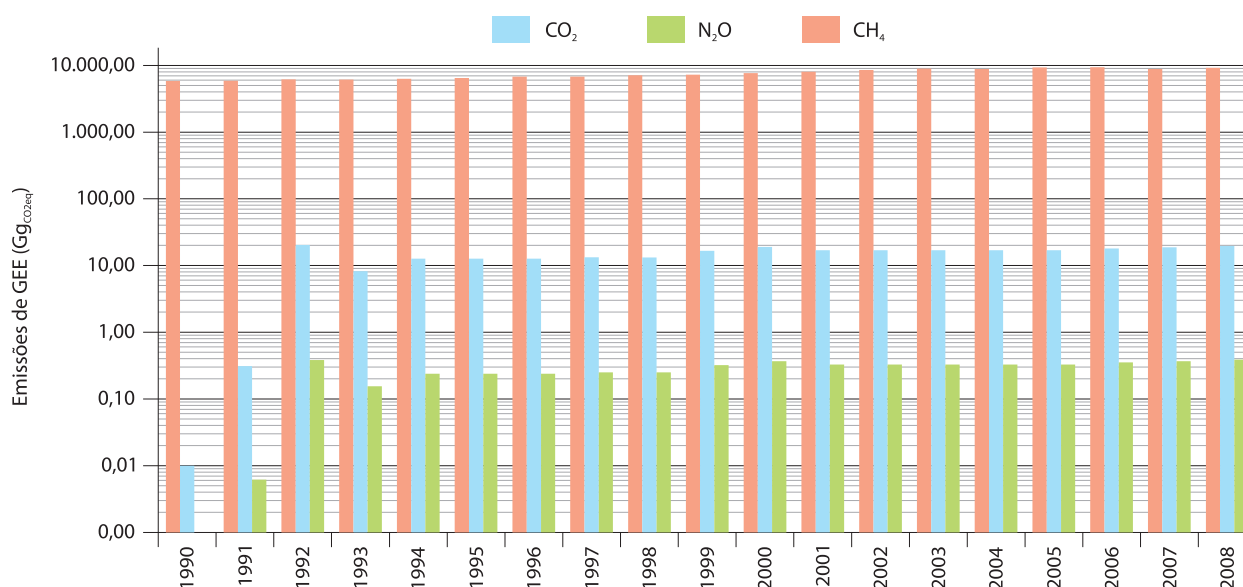
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	0,01	0,31	20,36	8,21	12,70	12,70	12,70	13,31	13,22	16,58
CH ₄	278	281	294	292	301	309	323	324	340	345
N ₂ O	0	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg.ano ⁻¹]									
CO ₂	19,04	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	17,98	18,84	19,69	
CH ₄	365	382	407	426	422	445	446	420	438	
N ₂ O	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	

72. Emissão *per capita* considera a população urbana e a emissão total do GEE do Setor de Resíduos no ano (CETESB, 2011b).

Tabela 104. Emissões Totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
CO ₂	0,01	0,31	20,36	8,21	12,70	12,70	12,70	13,31	13,22	16,58
CH ₄	5.838	5.905	6.175	6.128	6.315	6.492	6.790	6.799	7.136	7.255
N ₂ O	0	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
Total	5.838	5.906	6.196	6.137	6.328	6.504	6.803	6.813	7.149	7.272

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]								
CO ₂	19,04	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	17,98	18,84	19,69
CH ₄	7.658	8.023	8.552	8.950	8.868	9.349	9.375	8.818	9.199
N ₂ O	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Total	7.678	8.040	8.569	8.967	8.885	9.366	9.394	8.837	9.219

Gráfico 57. Emissões Totais de GEE do Setor de Resíduos e Efluentes no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})**Tabela 105.** Emissões de Resíduos e Efluentes por Tipo de Destinação no Estado de São Paulo (Gg_{CO₂eq})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]									
RSU aterro	2.618	2.783	2.936	3.079	3.213	3.339	3.460	3.576	3.843	4.078
RS incineração	1	1	21	8	13	13	13	14	13	17
Efluentes domésticos	1.626	1.675	1.724	1.773	1.822	1.871	1.920	1.969	2.018	2.067
Efluentes industriais	1.594	1.447	1.515	1.276	1.280	1.281	1.409	1.254	1.275	1.110
Total	5.838	5.906	6.196	6.137	6.328	6.504	6.803	6.813	7.149	7.272

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	[Gg _{CO₂eq} .ano ⁻¹]								
RSU aterro	4.317	4.590	5.193	5.603	5.384	5.794	5.773	5.158	5.487
RS incineração	19	17	17	17	17	17	18	19	20
Efluentes domésticos	2.116	2.133	2.149	2.166	2.182	2.198	2.215	2.231	2.248
Efluentes industriais	1.225	1.301	1.210	1.181	1.302	1.356	1.387	1.428	1.464
Total	7.678	8.040	8.569	8.967	8.885	9.366	9.394	8.837	9.219

6

REFERÊNCIAS

6 Referências

ABIA. **Evolução da Produção de Alimentos e Bebidas Selecionados - Brasil e Estado de São Paulo**. [mensagem via e-mail] Mensagem enviada por <cleber@abia.org.br> em 07 out. 2010.

ABIQUIM. **Emissões na Produção Química**. Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011 (no prelo).

ABIVIDRO. **Associação Brasileira das Indústrias de Vidro**. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br>>. Acesso em: 03 nov. 2010a.

_____. **Emissões de GEE ABIVIDRO**. [mensagem via e-mail] Mensagem enviada por <abcomex@abividro.org.br> em 08 out. 2010b.

ANAC. **Consumo de combustível de 1999 a 2008**. [mensagem via e-mail] Mensagem recebida por <ericatachibana@hotmail.com> em 26 mai. 2010.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I,II,III e VI da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Seção 1, p. 01-06.

BRASIL. MCT. Artigo 4: Obrigações. In: INC/FCCC. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Traduzido pelo MCT. Brasília, DF: MCT, 1992. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4092.html>>. Acesso em: mar. 2011.

_____. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. **Comunicação Nacional inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCT, 2004. 274 p.

_____. Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF: MCT, 2010a. 520 p.

_____. **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais - Produtos Minerais (parte II)**. Produção de Cal, Outros Usos do Calcário e Dolomita, Produção e Uso de Barrilha. Relatórios de Referência: Processos Industriais. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCT, 2010b. Disponível para consulta pública em: <www.mct.gov.br/upd_blob/0209/209487.pdf>. Acesso em: ago. 2010.

BRASIL. MMA. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: Sumário Executivo**. Brasília, DF: MMA, 2010c.

_____. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. **20 anos do Protocolo de Montreal**. Brasília, DF: MMA, 2007.

CETESB. **Emissões na Calagem**. Relatórios de Referência: Agropecuária. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011a (no prelo).

_____. **Emissões na Disposição ou Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos**. Relatórios de Referência: Resíduos Sólidos e Efluentes Líquidos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011b (no prelo).

_____. **Emissões na Produção de Alimentos e Bebidas**. Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011c (no prelo).

_____. **Emissões na Produção de Cal**. Relatórios de Referência: Processos Industriais e

Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011d (no prelo).

_____. **Emissões na Produção de Papel e Celulose.** Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011e (no prelo).

_____. **Emissões na Produção do Vidro.** Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011f (no prelo).

_____. **Emissões no Transporte Aquaviário.** Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011g (no prelo).

_____. **Emissões no Transporte Ferroviário.** Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011h (no prelo).

CETESB; IABr; IMT. **Emissões na Produção Metalúrgica.** Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011 (no prelo).

CETESB; SNIC; ABCP. **Emissões na Produção de Cimento.** Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011 (no prelo).

CICLO AMBIENTAL. **Emissões na Queima de Combustíveis:** Abordagem de Referência (top-down). Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011a (no prelo).

_____. **Emissões na Queima de Combustíveis:** Abordagem Setorial (bottom-up). Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011b (no prelo).

EMBRAPA. **Emissões em Solos Agrícolas e Manejo de Dejetos.** Relatórios de Referência: Agropecuária. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011a (no prelo).

_____. **Emissões na Pecuária: Fermentação Entérica e Dejetos.** Relatórios de Referência: Agropecuária. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011b (no prelo).

_____. **Emissões na Queima de Resíduos Agrícolas.** Relatórios de Referência: Agropecuária. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011c (no prelo).

_____. **Emissões no Cultivo de Arroz Irrigado.** Relatórios de Referência: Agropecuária. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011d (no prelo).

FUNCATE. **Emissões do Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas.** Relatórios de Referência: Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011 (no prelo).

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa** (online). Disponível em: <<http://houaiss.uol.com.br>>. Acesso em: 2010.

IBGE. **Produto Interno Bruto a preços correntes e Produto Interno Bruto per capita, segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e os Municípios: 2004-2008.** Rio de Janeiro, 2010 Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatis>

tica/economia/pibmunicipios/2004_2008/Tabelas_pdf/tab01.pdf>. Acesso em: mar. 2011.

IMT. **Emissões no Transporte Aéreo.** Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011a (no prelo).

_____. **Emissões no Transporte Rodoviário.** Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011b (no prelo).

_____. **Emissões no Uso de Solventes e Outros Produtos.** Relatórios de Referência: Processos Industriais e Uso de Produtos. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011c (no prelo).

IPCC. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme [Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds)]. Hayama: IGES, 2006.

_____. **Climate Change 2001: The Scientific Basis.** Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Houghton, J.T, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2001. 881 pp.

_____. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis.** Contribution of the Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Paris, Feb. 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_

[data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-4-2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-4-2.html)> Acesso em: mar. 2011.

_____. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories.** IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Hayama: IGES, 2000a.

_____. **Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.** Hayama: IGES, 2003.

_____. **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, , 1997⁷³.

_____. **Mudança do Clima 1995: A Ciência da Mudança do Clima.** Sumário para Formuladores de Políticas e Sumário Técnico do Relatório do Grupo de Trabalho I. Traduzido pelo MCT. Brasília: MCT, 2000b.

PETROBRAS. **Emissões no Refino e Transporte de Óleo e Derivados de Petróleo.** Relatórios de Referência: Energia. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2011 (no prelo).

PROTOCOLO DE QUIOTO. **Anexo A: Gases de Efeito Estufa e Categorias de Setores/Fontes.** Brasília, 1997. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/28817.html>>. Acesso em: mar. 2011.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 55.947, de 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 do Estado de São Paulo.** Poder Executivo, São Paulo, SP, 25 jun. 2010.

73. NOTA DO EDITOR: A Comunicação Estadual adotou o ano de 1996 para esta referência. Contudo, o ano de sua publicação foi em 1997.

_____. Lei Estadual nº 11.241, de 19 de setembro de 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Poder Executivo, São Paulo, SP, 20 set. 2002.

_____. Lei Estadual nº 13.798, de 9 de novembro de 2009. Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Poder Executivo, São Paulo, v.119, n. 209, 10 nov. 2009a. Seção I.

_____. Secretaria de Estado dos Transportes. Balanço anual 2009, São Paulo, 2009b.

SÃO PAULO. ST. **Balanço Anual 2009**. São Paulo, SP: ST, 2009c.

SÃO PAULO. SSE. **BEESP – Balanço Energético do Estado de São Paulo 2009**. Ano Base: 2008. São Paulo, SP: SSE, 2009d.

SNIC; ABCP. **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais - Produtos Minerais** (parte I). Produção de Cimento. Relatórios de Referência: Processos Industriais. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, DF: MCT, 2010. Disponível para consulta pública em: <[www.mct.gov.br/ upd_blob/ 0209/209486.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0209/209486.pdf)>. Acesso em: ago. 2010.

WORLD BANK. **Gross Domestic Product 2009**. World Development Indicators Database. World Bank, 15 December 2010. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/DATASTATISTICS/Resources/GDP.pdf>>. Acesso em: mar. 2011.

7

ANEXOS

Emissões de CO₂ do Estado de São Paulo em 2005

Emissões de CO₂ de Acordo com os Setores Envolvidos no Estado de São Paulo no Período 1990-2008 – Destaque para o ano de 2005 (Gg)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg _{CO₂} .ano ⁻¹]									
Energia	56.395	58.043	58.629	59.725	64.795	67.095	74.634	79.800	80.748	81.278
Indústria	3.396	3.540	3.046	3.011	3.268	3.724	4.300	4.738	4.744	4.495
Agropecuária	931	968	1.509	1.589	2.009	1.479	1.512	1.639	1.583	1.410
Resíduo	0,01	0,31	20,36	8,21	12,70	12,70	12,70	13,31	13,22	16,58
UTMUTF	NE	NE	NE	NE	NE	0	0	0	0	0
Total	60.722	62.552	63.205	64.333	70.085	72.311	80.460	86.189	87.088	87.200

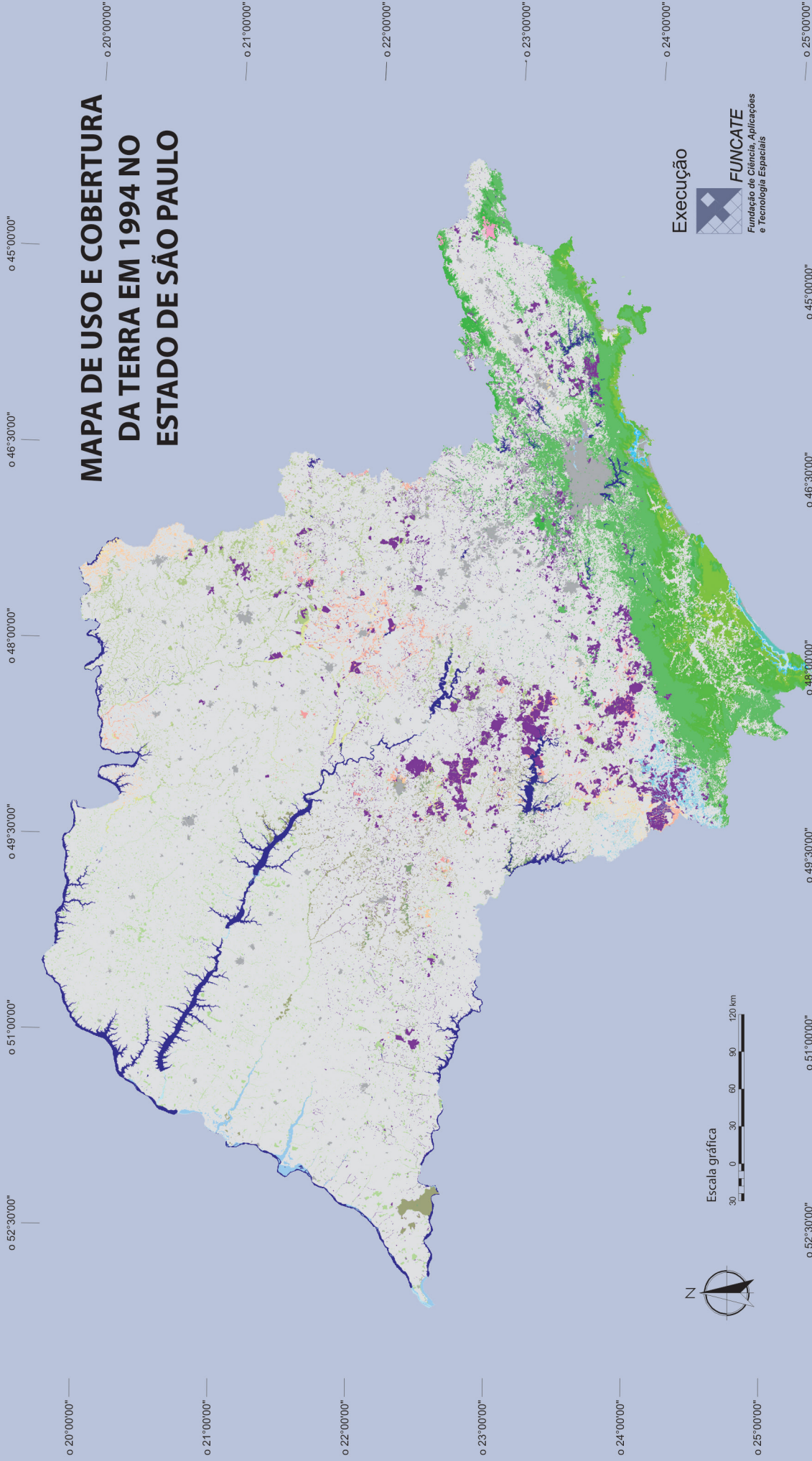
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	[Gg _{CO₂} .ano ⁻¹]									
Energia	80.161	78.298	75.852	76.636	77.996	78.584	79.375	83.221	85.335	
Indústria	4.577	3.978	3.864	3.394	3.418	12.685	12.281	12.968	12.218	
Agropecuária	1.462	1.380	1.408	1.691	1.327	1.476	1.805	1.865	1.462	
Resíduo	19,04	16,92	16,92	16,92	16,92	16,92	17,98	18,84	19,69	
UTMUTF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	86.219	83.672	81.140	81.738	82.758	92.762	93.478	98.074	99.034	

Nota - NE: Não estimado; UTMUTF: Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas.

Reprodução da Tabela 7 do 1º Inventário de Emissões Antrópicas de GEE Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo, CETESB (2011)¹, p 67.

As emissões de CO₂ no Estado de São Paulo em 2005, são de 92.762.000t

1 CETESB. 1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo. Comunicação Estadual. São Paulo: CETESB, 2011. 2ª ed. 192 p.



MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM 1994 NO ESTADO DE SÃO PAULO

Execução



LEGENDA

REGIÕES FITOECOLÓGICAS

- Floresta Ombrófila Densa - D ■
- Floresta Ombrófila Densa Aluvial ■
- Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ■
- Floresta Ombrófila Densa Submontana ■
- Floresta Ombrófila Densa Montana ■
- Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana ■

Floresta Estacional Decidual - C

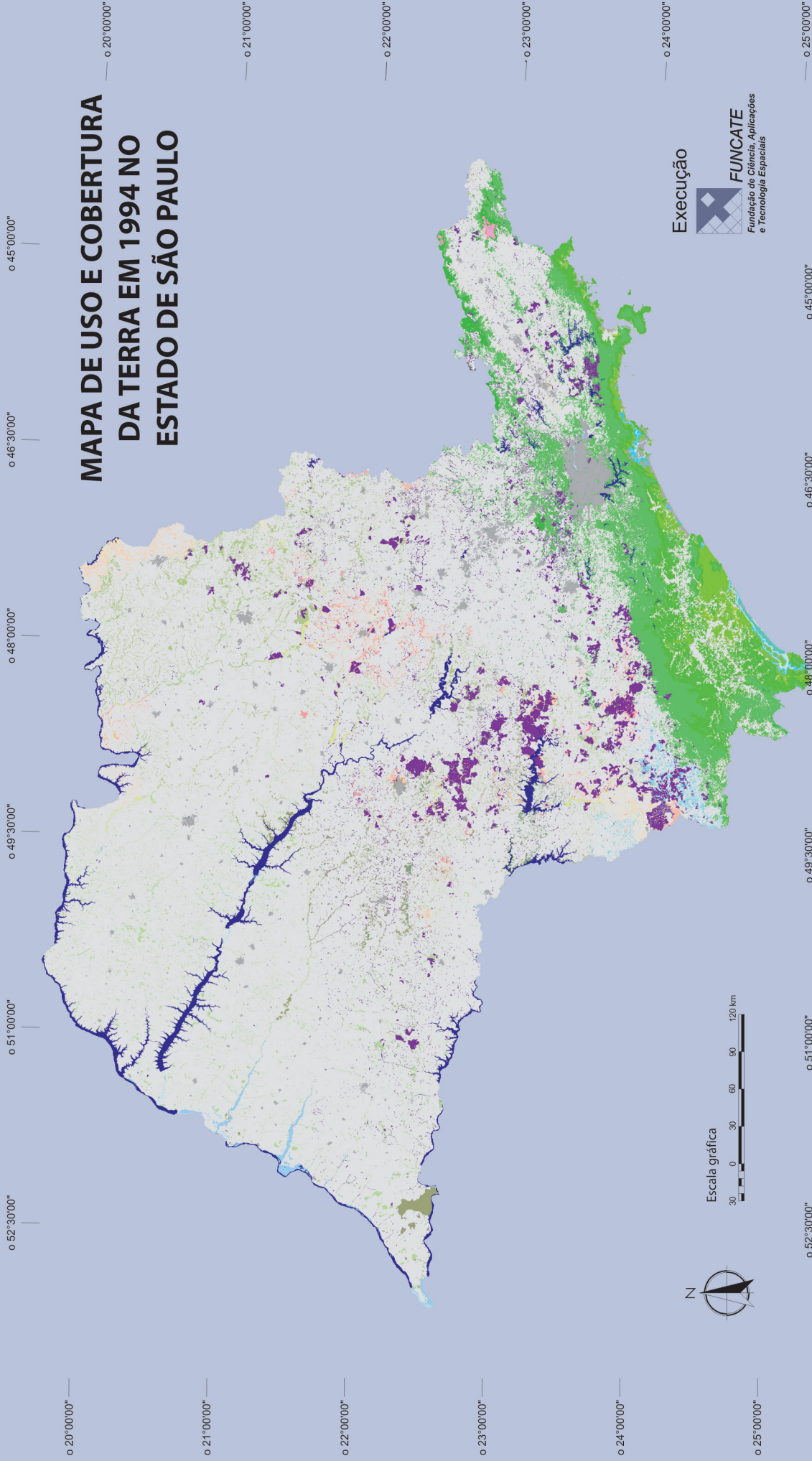
- Cs ■
- Cm ■
- Savana - S ■
- Sd ■
- Sa ■
- Sp ■
- Sg ■

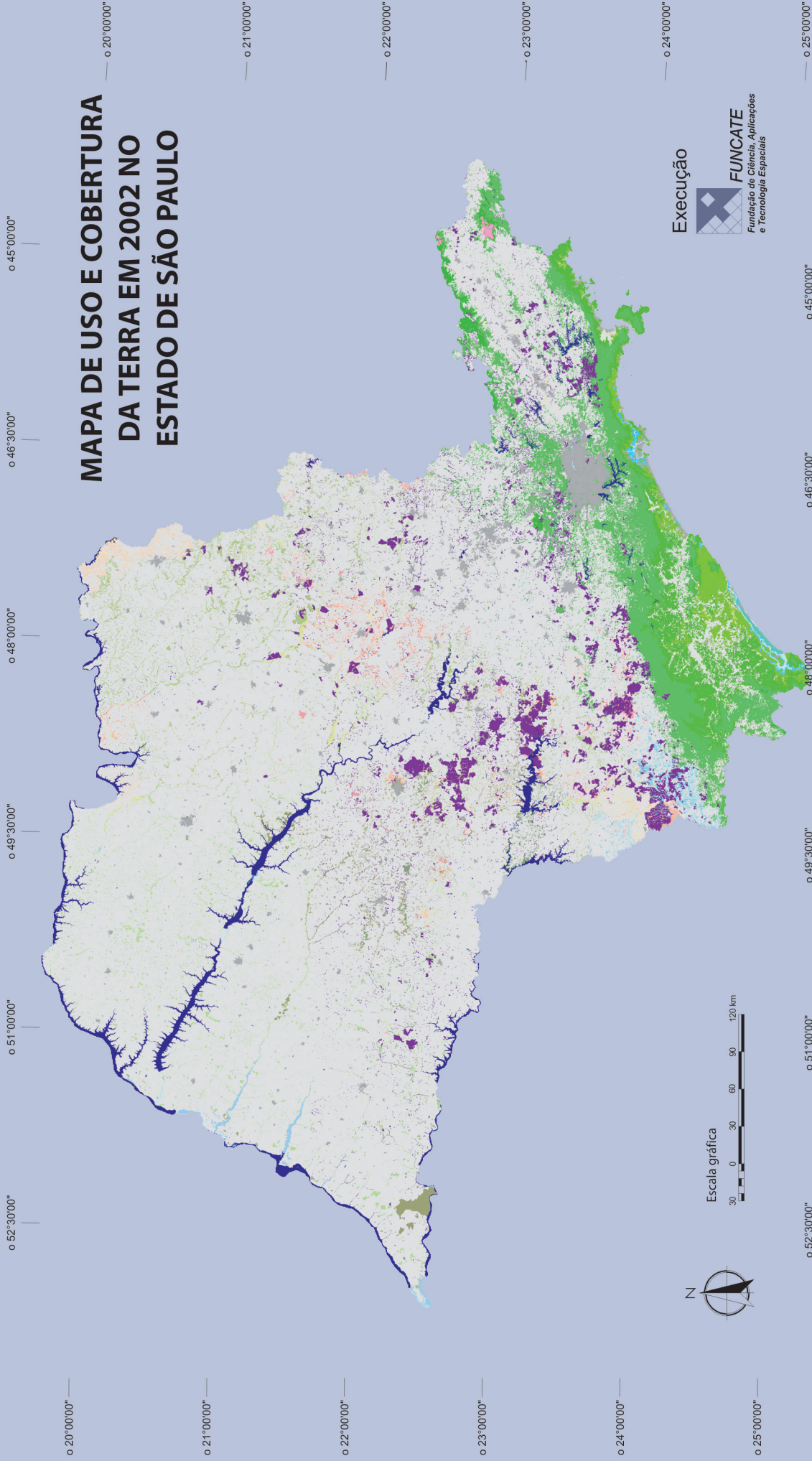
Áreas das Formações Pioneiras - P

- Pm ■
- Pf ■
- Pa ■
- Refúgios Vegetacionais - r ■
- Refúgio Montano ■
- Refúgio Alto-Montano ■

Áreas Antrópicas

- Agricultura - Ac; Pecuária (pastagem) - Ap ■
- Florestamento/Reflorestamento - R ■
- Área Urbana; Mineração ■
- Áreas Não Observadas ■
- Nuvem - NO ■





MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM 2002 NO ESTADO DE SÃO PAULO

Execução



LEGENDA

REGIÕES FITOECOLÓGICAS

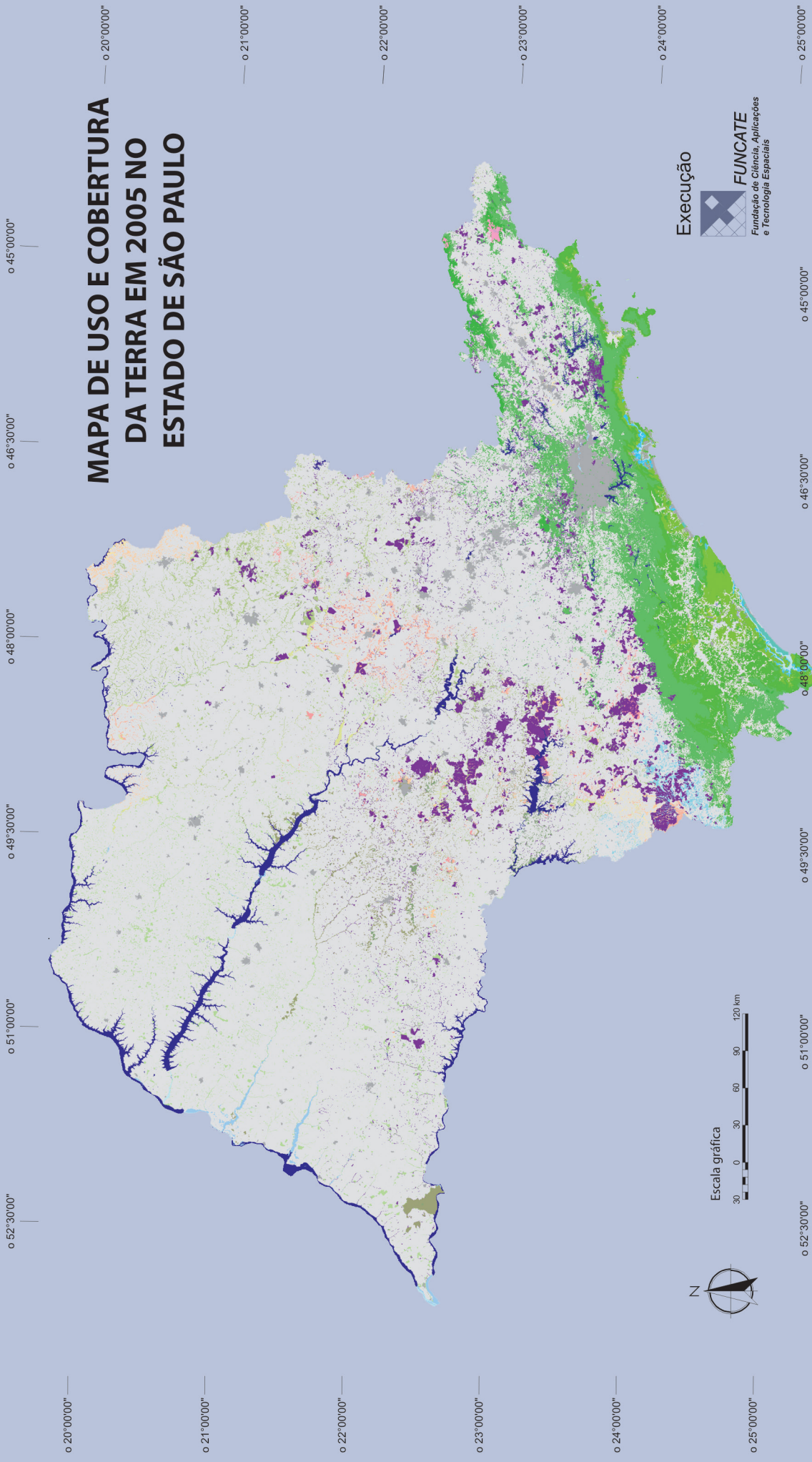
- Floresta Ombrófila Densa - D
- Da** Floresta Ombrófila Densa Aluvial
- Db** Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
- Ds** Floresta Ombrófila Densa Submontana
- Dm** Floresta Ombrófila Densa Montana
- Di** Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana
- Mm** Floresta Ombrófila Mista Montana
- Ml** Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana
- Floresta Estacional Semidecidual - F
- Fa** Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
- Fs** Floresta Estacional Semidecidual Submontana
- Fm** Floresta Estacional Semidecidual Montana

Floresta Estacional Decidual - C

- Cs** Floresta Estacional Decidual Submontana
- Cm** Floresta Estacional Decidual Montana
- Savana - S
- Sd** Savana Florestada
- Sa** Savana Arborizada
- Sp** Savana Parque
- Sg** Savana Gramíneo-Lenhosa

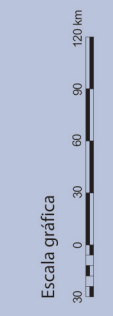
Áreas das Formações Pioneiras - P

- Pm** Formação Pioneira com influência marinha
- Pf** Formação Pioneira com influência fluviomarina
- Pa** Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre
- Refúgios Vegetacionais - r
- rm** Refúgio Montano
- rl** Refúgio Alto-Montano
- Áreas Antrópicas
- Agricultura - Ac; Pecuária (pastagem) - Ap
- Florestamento/Reflorestamento - R
- Área Urbana; Mineração
- Áreas Não Observadas
- NO** Nuvem - NO
- Rios e Lagos
- Reservatórios
- Hidrografia



MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM 2005 NO ESTADO DE SÃO PAULO

Execução
FUNCATE
 Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais



LEGENDA

REGIÕES FITOECOLÓGICAS

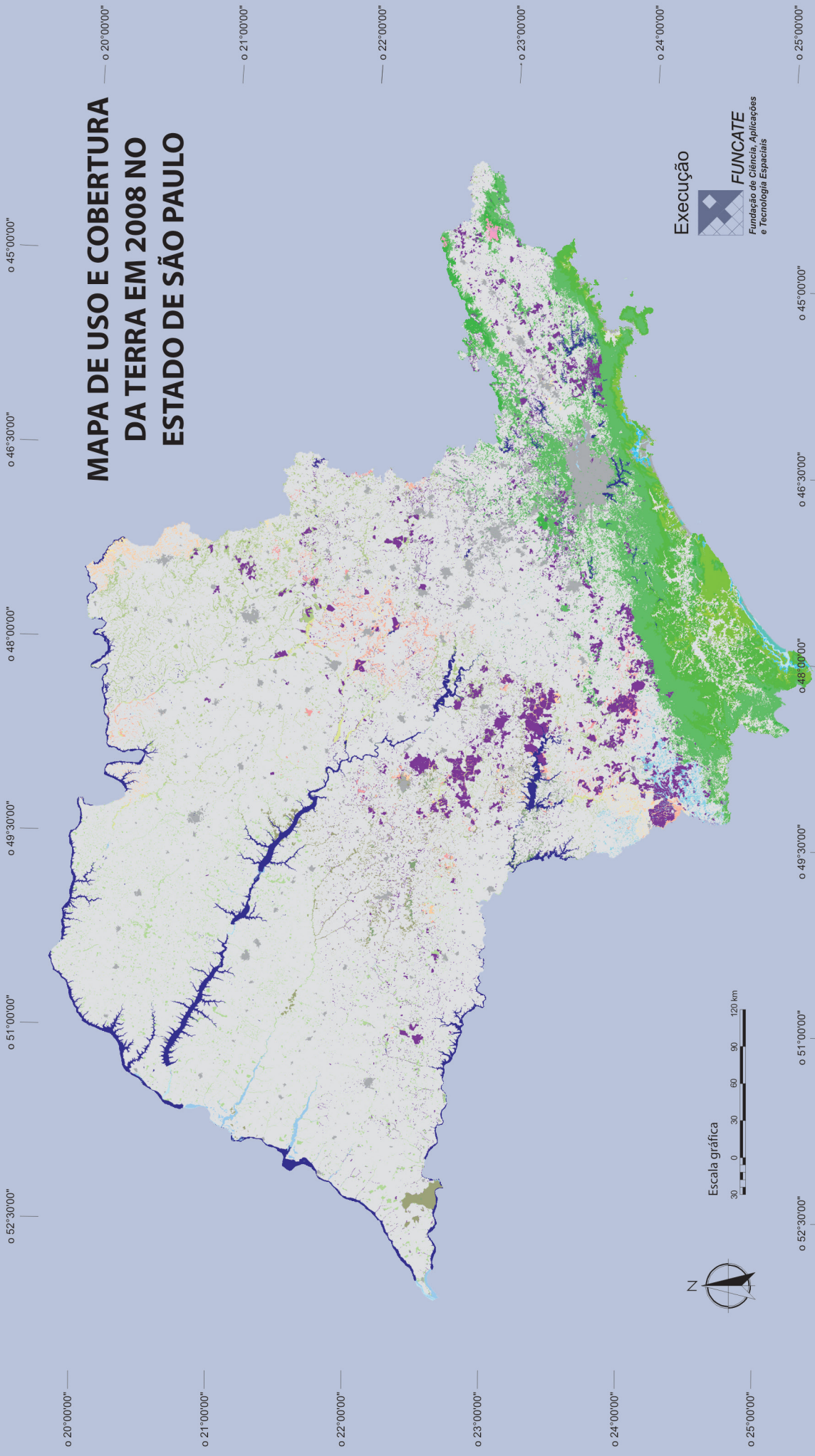
- Floresta Ombrófila Densa - D
- Da** Floresta Ombrófila Densa Aluvial
- Db** Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
- Ds** Floresta Ombrófila Densa Submontana
- Dm** Floresta Ombrófila Densa Montana
- Di** Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana

- Mm** Floresta Ombrófila Mista - M
- Ml** Floresta Ombrófila Mista Montana
- Mi** Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana
- Floresta Estacional Semidecidual - F
- Fa** Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
- Fs** Floresta Estacional Semidecidual Submontana
- Fm** Floresta Estacional Semidecidual Montana

- Cs** Floresta Estacional Decidual Submontana
- Cm** Floresta Estacional Decidual Montana
- Savana - S
- Sd** Savana Florestada
- Sa** Savana Arborizada
- Sp** Savana Parque
- Sg** Savana Gramíneo-Lenhosa

- Pm** Formação Pioneira com influência marinha
- Pf** Formação Pioneira com influência fluviomarina
- Pa** Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre
- Refúgios Vegetacionais - r
- rm** Refúgio Montano
- rl** Refúgio Alto-Montano

- Áreas Antrópicas
- Agricultura - Ac; Pecuária (pastagem) - Ap
- Florestamento/Reflorestamento - R
- Área Urbana; Mineração
- Áreas Não Observadas
- NO** Nuvem - NO



MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA EM 2008 NO ESTADO DE SÃO PAULO

Execução
FUNCGATE
 Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais



LEGENDA

REGIÕES FITOECOLÓGICAS

- Floresta Ombrófila Densa - D
- Da** Floresta Ombrófila Densa Aluvial
- Db** Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas
- Ds** Floresta Ombrófila Densa Submontana
- Dm** Floresta Ombrófila Densa Montana
- Di** Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana

- Mm** Floresta Ombrófila Mista - M
- Ml** Floresta Ombrófila Mista Montana
- Mi** Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana
- Floresta Estacional Semidecidual - F
- Fa** Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
- Fs** Floresta Estacional Semidecidual Submontana
- Fm** Floresta Estacional Semidecidual Montana

- Cs** Floresta Estacional Decidual Submontana
- Cm** Floresta Estacional Decidual Montana
- Savana - S
- Sd** Savana Florestada
- Sa** Savana Arborizada
- Sp** Savana Parque
- Sg** Savana Gramíneo-Lenhosa

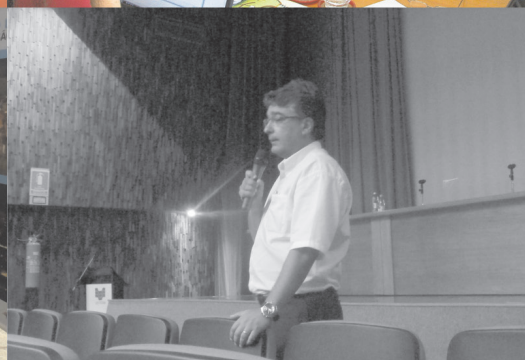
- Pm** Formação Pioneira com influência marinha
- Pf** Formação Pioneira com influência fluviomarina
- Pa** Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre
- Refúgios Vegetacionais - r
- rm** Refúgio Montano
- rl** Refúgio Alto-Montano

- Áreas Antrópicas
- Agricultura - Ac; Pecuária (pastagem) - Ap
- Florestamento/Reflorestamento - R
- Área Urbana; Mineração
- Áreas Não Observadas
- NO** Nuvem - NO









Apoio



Embaixada Britânica
Brasília



GOVERNO DO ESTADO
SÃO PAULO

Secretaria do Meio Ambiente

ISBN 978-85-61405-23-6