

SP/P5510/R0117/2012 Versão Consulta Pública

**Relatório Técnico - Produto 3:**  
**Quantificação das emissões e remoções de GEE**  
**pele Setor de AGRICULTURA, FLORESTA E**  
**OUTROS USOS DA TERRA (AFOLU)**  
São Paulo – SP

**PMSP / SVMA**  
Novembro/2012

CONSULTA PÚBLICA

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO

SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE

PROGRAMA SBQ NO 007/2011

Atividade C 05: Sustainable Transport and Air Quality Program (STAQ)

Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP

Banco Mundial

Washington, D.C.

PRODUTO 3

QUANTIFICAÇÃO DAS EMISSÕES E REMOÇÕES DE GEE PELO SETOR  
DE AGRICULTURA, FLORESTA E OUTROS USOS DA TERRA

Equipe

Amaro, Guilherme

Ambrogi, Vinicius

Castro, João

Grimoni, José Aquiles - Dr.

Laterza, Francisco

Ohata, Jaime (coordenador executivo)

Rodrigues, Délcio

Tachibana, Erica

Vilela, Marcio Maia - Dr. (coordenador técnico)

INSTITUTO EKOS BRASIL

&

GEOKLOCK CONSULTORIA E ENGENHARIA AMBIENTAL

2012

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1 – Estrutura do setor AFOLU .....	8
Figura 2 – Área agrícola.....	29
Figura 3 – Área alagada .....	30
Figura 4 – Área urbanizada.....	31
Figura 5 – Área de campo antrópico.....	31
Figura 6 – Área de reflorestamento.....	32
Figura 7 – Área de vegetação natural.....	33
Figura 8 – Área de mineração .....	33
Figura 9 – Mapa de uso da terra do Município em 2003 .....	34
Figura 10 – Mapa de uso da terra do Município em 2009 .....	35
Figura 11 – Perda de vegetação por mudança de uso do solo no Município de São Paulo .....	38
Figura 12 – Fontes de emissão direta e indireta de N <sub>2</sub> O.....	52
Figura 13 – Emissão total de GEE por subsetor .....	67

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Conversões de uso da terra.....	12
Quadro 2 - Categorias de Uso da Terra do IPCC (2006).....	29

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Permanências e variações do uso da terra.....	36
Tabela 2 – Área por tipo de uso da terra, em hectares .....	39
Tabela 3 – Dados das variáveis da biomassa .....	44
Tabela 4 – População animal no Município de São Paulo.....	46
Tabela 5 – Fatores de emissão de CH <sub>4</sub> da fermentação entérica e manejo de dejetos.....	47
Tabela 6 – Nitrogênio excretado por tipo de animal.....	48
Tabela 7 – Fração de dejetos manejados por tipo de sistema .....	49
Tabela 8 – Fator de emissão e tipos de sistema de manejo.....	50
Tabela 9 – Fração de N volatilizado (Frac <sub>GASM</sub> ).....	51

Tabela 10 – Área Agrícola e Consumo de fertilizantes .....	53
Tabela 11 – Fertilizante aplicado no Município .....	54
Tabela 12 – Fatores para as emissões indiretas dos solos agrícolas .....	55
Tabela 13 – Área agrícola e consumo de calcário .....	55
Tabela 14 – Consumo de calcário no Município .....	56
Tabela 15 – Consumo aparente de ureia no Município .....	57
Tabela 16 – Variação dos estoques de C.....	58
Tabela 17 – Emissões e remoções de CO <sub>2</sub> do uso da terra .....	59
Tabela 18 – Principais Emissões de CO <sub>2</sub> .....	60
Tabela 19 – Principais Remoções de CO <sub>2</sub> .....	61
Tabela 20 - Emissão de CH <sub>4</sub> da Fermentação entérica .....	61
Tabela 21 – Emissão de CH <sub>4</sub> dos dejetos dos animais.....	62
Tabela 22 – Emissão direta de N <sub>2</sub> O do manejo dos dejetos.....	62
Tabela 23 – Emissão indireta de N <sub>2</sub> O do manejo de dejetos .....	63
Tabela 24 – Emissões totais de N <sub>2</sub> O do manejo de dejetos .....	63
Tabela 25 – Emissões diretas de N <sub>2</sub> O dos solos agrícolas.....	64
Tabela 26 - Emissão de N <sub>2</sub> O-N dos solos agrícolas por volatilização.....	64
Tabela 27 - Emissão indireta de N <sub>2</sub> O dos solos agrícolas.....	65
Tabela 28 – Emissões totais de N <sub>2</sub> O dos solos agrícolas .....	65
Tabela 29 - Emissão de CO <sub>2</sub> da calagem e aplicação de ureia .....	65
Tabela 30 – Emissões de GEE dos subsetores Pecuária e Solos Agrícolas .....	66
Tabela 31 – Emissões do setor AFOLU.....	66
Tabela 32 – Composição anual das emissões do setor AFOLU .....	67

1	<b>ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	
2		
3	ABCS	Associação Brasileira dos Criadores de Suínos
4	ABRACAL	Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola
5	AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Uses
6	CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
7	CO <sub>2</sub> e	Dióxido de Carbono Equivalente
8	DOM	<i>Dead Organic Matter</i>
9	GEE	Gases de Efeito Estufa
10	GEF	<i>Global Environment Facility</i>
11	IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
12	IEA	Instituto de Economia Agrícola
13	IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
14	IPNI	<i>International Plant Nutrition Institute</i>
15	LAC	<i>Low Activity Clay</i>
16	MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
17	NC	Não Calculado
18	ND	Não Disponível
19	PAG	Potencial de Aquecimento Global
20	STAQ	<i>Sustainable Transport and Air Quality</i>
21	SVMA	Secretaria do Verde e Meio Ambiente
22		

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	8
2.	Metodologia .....	11
2.1.	Subsetor Uso da Terra .....	11
2.1.1.	Biomassa .....	13
2.1.2.	Matéria Orgânica Morta.....	17
2.1.3.	Carbono no Solo.....	19
2.2.	Subsetor Pecuária .....	20
2.2.1.	Fermentação entérica .....	20
2.2.2.	Manejo de Dejetos .....	21
2.3.	Subsetor Solos Agrícolas.....	22
2.3.1.	Emissões de N <sub>2</sub> O do Manejo dos solos.....	23
2.3.2.	Emissões de CO <sub>2</sub> da aplicação de cal e ureia.....	26
3.	Dados .....	28
3.1.	Tratamento e Interpretação de Imagem de Satélite .....	28
3.1.1.	Agricultura .....	29
3.1.2.	Área Alagada.....	30
3.1.3.	Urbanização .....	30
3.1.4.	Campo Antrópico .....	31
3.1.5.	Floresta.....	31
3.1.6.	Outros usos.....	33
3.2.	Usos da Terra.....	33
3.2.1.	Agricultura .....	40
3.2.2.	Áreas Alagadas .....	41
3.2.3.	Campo .....	42
3.2.4.	Floresta.....	43
3.2.5.	Urbanização .....	45

3.2.6. Outras Áreas.....	46
3.3. Pecuária .....	46
3.4. Solos Agrícolas.....	51
3.4.1. Emissões do Manejo dos solos.....	51
3.4.2. Emissões da aplicação de cal e ureia .....	55
4. Resultados .....	58
4.1. Subsetor Uso da Terra .....	58
4.2. Subsetor Pecuária .....	61
4.3. Subsetor Solos Agrícolas.....	63
4.4. Total das Emissões e Remoções do Setor .....	65
5. Incertezas .....	68
6. Comparativo 1º Inventário de Emissão de GEE do Município.....	71
7. Referências Bibliográficas .....	72

**APÊNDICES**

Apêndice A – Áreas modificadas no período de 2003 a 2009, por subprefeitura .....	74
Apêndice B – Tabelas dos Fatores Utilizados para Uso da Terra.....	76

# 1. INTRODUÇÃO

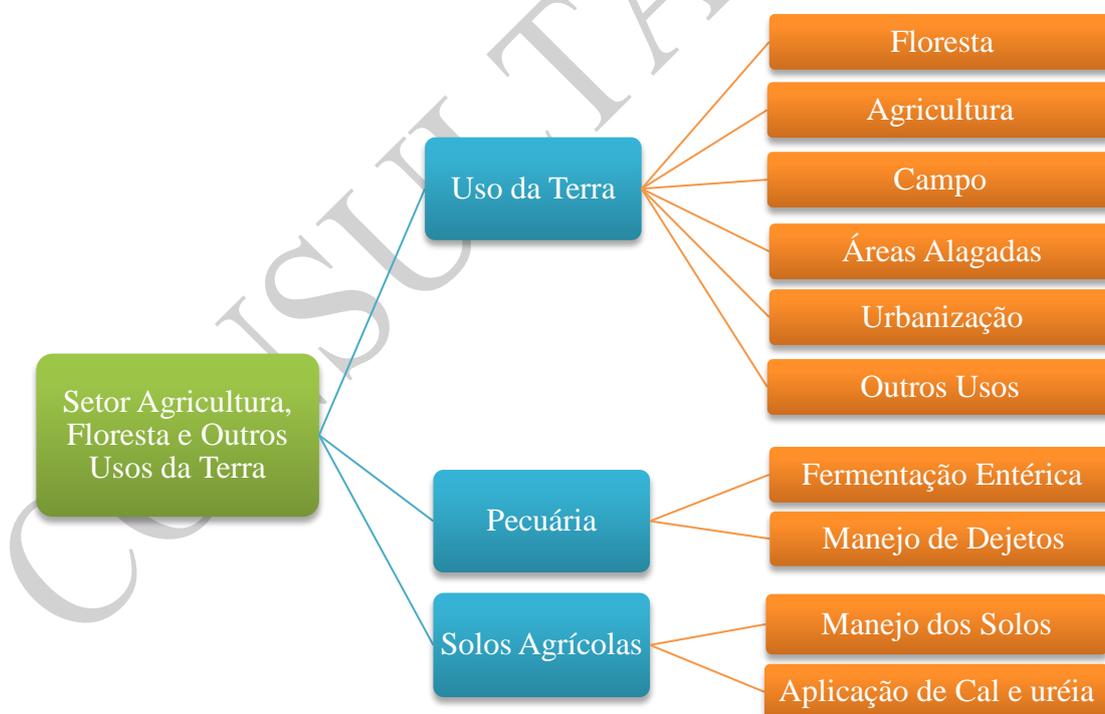
2  
3

4 Este relatório é parte integrante dos serviços especializados de consultoria contratados para  
5 Elaboração de Inventário Municipal de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito  
6 Estufa (GEE) e outros Produtos, no Município de São Paulo, um subprojeto da janela 5 – Gestão  
7 da Demanda do Transporte Individual, do Programa *Sustainable Transport and Air Quality*  
8 (STAQ), patrocinado pelo *Global Environment Facility* (GEF), através do Banco Mundial,  
9 visando à quantificação e remoção das emissões dos gases de efeito estufa.

10

11 O uso e manejo da terra pelas atividades antrópicas influenciam os processos dos ecossistemas  
12 de modo a afetar o fluxo de GEE. A fotossíntese, a respiração, a nitrificação e a denitrificação, a  
13 fermentação entérica e a combustão são exemplos de processos naturais que envolvem  
14 transformações de carbono e nitrogênio. Para o cálculo da perturbação antrópica destes fluxos, o  
15 IPCC apresenta o guia de inventários de gases de efeito estufa do setor Agricultura, Floresta e  
16 Outros Usos da Terra (AFOLU), o qual é subdividido conforme apresentado na Figura 1.

17



18  
19  
20  
21

Fonte: IPCC, 2006<sup>1</sup>

**Figura 1 – Estrutura do setor AFOLU**

<sup>1</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.1, p.1.16, Figura 1.4

1 No setor AFOLU as emissões e remoções de GEE podem ser provenientes tanto de processos  
2 naturais quanto antrópicos, a diferenciação entre estes processos pode ser de difícil distinção.  
3 Para isto, o IPCC (2006) define como emissões ou remoções antrópicas aquelas que ocorrem em  
4 terras manejadas<sup>2</sup> e que apenas estas devem ser contabilizadas nos inventários de GEE.

5  
6 Os principais GEE deste setor são o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e metano  
7 (CH<sub>4</sub>), que ocorrem devido ao uso da terra em áreas manejadas e às atividades relacionadas aos  
8 seus usos, como por exemplo, as atividades de manejo dos solos agrícolas e da pecuária (IPCC,  
9 2006). Os gases HFCs, PFCs e SF<sub>6</sub> não são contabilizados pelas diretrizes deste setor.

10  
11 No caso das emissões do subsetor de Uso da Terra, as emissões ou remoções de CO<sub>2</sub> são  
12 contabilizadas para cada categoria de uso da terra considerando-se as reservas de carbono na  
13 biomassa, na matéria orgânica morta e no solo. O IPCC (2006) segregou os usos da terra em seis  
14 categorias, descritas a seguir:

- 15
- 16 • Floresta: são consideradas todas as áreas que apresentem uma densa vegetação lenhosa;
- 17 • Agricultura: são consideradas as terras utilizadas para plantações;
- 18 • Campo: são consideradas as áreas de campos naturais e as áreas de pastagem que não se  
19 enquadram na categoria Agricultura. Também inclui áreas de arbustos e de vegetação  
20 rasteira.
- 21 • Áreas Alagadas: são consideradas as áreas que são cobertas ou saturadas por água  
22 durante o ano todo ou em parte do ano e que não seja considerada em nenhuma das outras  
23 categorias de uso da terra;
- 24 • Urbanização: estão incluídas as áreas de infraestrutura e assentamento urbano de  
25 qualquer tamanho, a menos que já estejam contabilizados em outra categoria;
- 26 • Outras Áreas: são consideradas as áreas de terra que não se enquadram em nenhuma das  
27 outras cinco categorias.

28  
29 No subsetor Pecuária são previstas emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O devido à fermentação entérica dos  
30 animais e ao manejo de seus dejetos.

31

---

<sup>2</sup> Terras manejadas são aquelas onde há intervenção humana e funções ecológicas, sociais ou de produção.

1 Já o subsetor de Solos Agrícolas contribui com emissões de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O devido à aplicação de  
2 cal, ureia e fertilizantes nos solos utilizados para a agricultura.

3  
4 Neste relatório, as metodologias utilizadas para estimar as emissões e remoções de GEE para  
5 cada subsetor são apresentadas no Capítulo 2. No Capítulo 3 são apresentadas as fontes de  
6 informação utilizadas como os mapas de uso da terra, dados do IBGE e do Instituto de Economia  
7 Agrícola, entre outras. Finalmente, no Capítulo 4 são apresentados os resultados das estimativas  
8 das emissões do setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos separadamente para cada subsetor  
9 (Uso da Terra, Pecuária e Solos Agrícolas) e, também, em sua totalidade.

10

CONSULTA PÚBLICA

## 2. METODOLOGIA

O inventário das emissões e remoções de GEE do setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra podem ser estimados de duas maneiras: contabilizando as variações nos estoques de carbono ao longo do tempo; ou diretamente, através de taxas de fluxo de GEE provenientes da atmosfera ou emitidas para a atmosfera (IPCC, 2006). Para este inventário de GEE do Município de São Paulo não são previstas medições diretas neste setor, sendo então adotada a primeira abordagem.

O inventário de GEE do setor de uso da terra se baseia na contabilização das emissões e remoções de CO<sub>2</sub> e não-CO<sub>2</sub> para cada categoria de uso e manejo. Os estoques de carbono avaliados são referentes à biomassa, à matéria orgânica morta e ao carbono presente no solo. As demais emissões são provenientes da pecuária, do manejo de fertilizantes e correção de solos.

Cada método utilizado neste setor pode ser aplicado em três níveis (*Tiers*). Quanto maior o *Tier*, maior o detalhamento e a precisão do inventário. Os métodos do *Tier 1* foram desenvolvidos pelo IPCC para que a contabilização das emissões de GEE seja realizada de modo mais simples, utilizando-se as equações e parâmetros padrões sugeridos pelo IPCC e que partem de médias mundiais, em geral. Na maioria dos casos, os mesmos métodos podem ser aplicados para o *Tier 2*, mas utilizando-se parâmetros específicos para o país ou regiões. No *Tier 3* são utilizados métodos mais elaborados, que representem as particularidades de cada local, assim como dados mais detalhados e parâmetros específicos por regiões (IPCC, 2006).

### 2.1. SUBSETOR USO DA TERRA

De acordo com as diretrizes do IPCC (2006) no subsetor de uso da terra são avaliadas as emissões e remoções de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) das áreas em que não houve alteração da categoria de uso (exemplo: floresta que se manteve floresta) e também das áreas que sofreram alteração na categoria de uso (exemplo: área convertida para floresta). O Quadro 1 mostra as possíveis conversões de uso da terra apresentada pelo IPCC (2006).

1 **Quadro 1 – Conversões de uso da terra**

Sigla	Conversão
CC	Agricultura permanecendo Agricultura
LC	Área convertida para Agricultura
WW	Área Alagada permanecendo Área Alagada
LW	Área convertida para Área Alagada
SS	Urbanização permanecendo Urbanização
LS	Área convertida para Urbanização
GG	Campo Antrópico permanecendo Campo Antrópico
LG	Área convertida para Campo Antrópico
FF	Floresta Permanecendo Floresta
LF	Área convertida para Floresta
OO	Outros Usos permanecendo como Outros Usos
LO	Área convertida para Outros Usos

2 Fonte: IPCC, 2006<sup>3</sup> - Tradução livre.

3

4 Para cada *Tier* apresentado anteriormente pode-se utilizar diferentes abordagens para os dados de  
 5 representação de uso da terra. Na “abordagem 1” o uso da terra é representado em sua totalidade,  
 6 sem detalhamento sobre as transformações que ocorreram entre as categorias de uso da terra. A  
 7 “abordagem 2” utiliza dados de uso da terra possibilitando a visualização das transformações que  
 8 ocorreram nos usos da terra, podendo estes dados serem originados ou não da análise de dados  
 9 espaciais. A “abordagem 3” é caracterizada pelas observações espaciais dos usos da terra e de  
 10 suas conversões de uso, podendo-se identificar as condições e alterações ocorridas em cada  
 11 pedaço de terra de interesse (IPCC, 2006).

12

13 A abordagem utilizada na representação das áreas para cada categoria de uso da terra neste  
 14 inventário foi a “abordagem 2” a partir de informações das análises de imagens de satélite, dos  
 15 anos de 2003 e de 2009, contabilizando-se as transformações ocorridas em relação ao uso da  
 16 terra.

17

18 Para quantificar as emissões e remoções de GEE pelo uso da terra adotou-se o método de  
 19 mudança nos estoques de carbono, que considera três grandes reservas de carbono: a biomassa, a  
 20 matéria orgânica morta e o solo. As variações entre os estoques de carbono de cada reserva são

<sup>3</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.3, p.3.7

1 utilizadas para determinar as emissões ou remoções de GEE. Quando esta variação é negativa  
 2 significa que houve perda de carbono nas reservas e são consideradas como emissão de CO<sub>2</sub> para  
 3 a atmosfera, quando a variação é positiva significa que houve um ganho de carbono e considera-  
 4 se uma remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera. As emissões e remoções neste subsetor foram  
 5 quantificadas conforme a Equação 1.

$$E_{CO_2} = (\Delta C_B + \Delta C_{DOM} + \Delta C_S) \cdot \left(-\frac{44}{12}\right) \quad \text{Equação 1 – Emissão de CO}_2^4$$

7  
 8 onde

$E_{CO_2}$	Emissão ou Remoção de CO <sub>2</sub>	[tCO <sub>2</sub> ]
$\Delta C_B$	Mudança no estoque de C da biomassa	[tC]
$\Delta C_{DOM}$	Mudança no estoque de C da matéria orgânica morta	[tC]
$\Delta C_s$	Mudança no estoque de C no solo	[tC]
$-44/12$	Conversão de C para CO <sub>2</sub>	[tCO <sub>2</sub> /tC]

10 Deve-se ressaltar que o sinal negativo da razão entre a massa molecular do dióxido de carbono  
 11 (CO<sub>2</sub>) e do carbono (C) está relacionado à convenção de que um aumento no estoque de carbono  
 12 no ecossistema representa uma emissão negativa de CO<sub>2</sub>, ou seja, uma remoção deste GEE da  
 13 atmosfera.

### 17 2.1.1. Biomassa

18  
 19 As emissões e remoções de CO<sub>2</sub> pelo uso da terra foram estimadas através das mudanças  
 20 ocorridas nos estoques de carbono dos ecossistemas do Município, de acordo com as alterações  
 21 nas categorias de uso da terra observadas nas imagens de satélite analisadas para os anos de 2003  
 22 e 2009.

23  
 24 A remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera acontece em decorrência do crescimento da biomassa,  
 25 resultante do processo de fotossíntese das plantas. As emissões de CO<sub>2</sub> devem-se à liberação do

<sup>4</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.3, p.2.7 adaptada à Seção 2.2.3, p.2.11.

1 carbono estocado por meio do desmatamento, queimadas, alterações do uso da terra, entre  
 2 outros, conforme preconiza a metodologia do IPCC (2006).

### 4 2.1.1.1. Áreas permanecendo na mesma categoria de uso

6 Para áreas que se mantêm na mesma categoria de uso da terra, o IPCC (2006) apresenta dois  
 7 métodos para estimar as mudanças no estoque de carbono referente à biomassa:

- 9 1. o método de perda e ganho, que requer a subtração do carbono perdido pela biomassa  
 10 da quantidade de carbono sequestrado pela biomassa;
- 11 2. o método da diferença do estoque, que utiliza a diferença do estoque de carbono da  
 12 biomassa de uma determinada área em tempos diferentes.

14 O IPCC (2006) sugere que o método da diferença do estoque seja utilizado quando há um  
 15 sistema de inventários de usos da terra, nos quais os estoques da biomassa são medidos em  
 16 intervalos periódicos. O Município de São Paulo não dispõe de dados de inventário de uso da  
 17 terra e optou-se por utilizar o método de perda e ganho, com a ressalva de que o IPCC  
 18 recomenda a análise anual. Porém, conforme previsto no termo de referência deste inventário, as  
 19 emissões e remoções de CO<sub>2</sub> foram estimadas com base nos usos da terra observados nas  
 20 imagens aéreas do ano de 2003 e comparando sua evolução para o ano de 2009.

22 A mudança nos estoques de carbono da biomassa é dada pela diferença entre os ganhos e as  
 23 perdas de carbono na biomassa, conforme apresentada na Equação 2.

$$\Delta C_B = \Delta C_G - \Delta C_L$$

Equação 2 – método de perda e ganho<sup>5</sup>

26 onde

$\Delta C_B$	Mudança dos estoques de C na biomassa	[tC]
$\Delta C_G$	Aumento nos estoques de C devido ao crescimento da biomassa	[tC]
$\Delta C_L$	Diminuição nos estoques de C pela perda de biomassa	[tC]

<sup>5</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.7, p.2.12 com adaptação das unidades de medida das variáveis para adequação à este inventário (período 2003-2009)

1 Sendo que o aumento anual no estoque de carbono da biomassa foi calculado através da Equação  
2 3.

$$\Delta C_G = A \cdot G_{BA} \cdot T \cdot (1 + R) \cdot FC \quad \text{Equação 3 – Aumento no estoque de C da biomassa}^6$$

4  
5 onde

$\Delta C_G$	Aumento nos estoques de C devido ao crescimento da biomassa	[tC]
$A$	Área permanecendo na mesma categoria de uso	[ha]
$G_{BA}$	Crescimento anual da biomassa acima do solo	[t d.m./ha.ano]
$T$	Intervalo de tempo do inventário	[ano]
$R$	Razão da biomassa abaixo e acima do solo	[adimensional]
$FC$	Fração de C na matéria seca	[tC/t d.m.]

7  
8 Ressalta-se que na Equação 3 deste inventário os índices  $i$  (zona ecológica) e  $j$  (zona climática)  
9 propostos pela Equação 2.9 do IPCC (2006) foram desconsiderados como fator da equação, uma  
10 vez que o Município de São Paulo se enquadra em apenas uma zona ecológica e uma zona  
11 climática. De acordo com a classificação adotada pelo IPCC, a partir da avaliação da Tabela 4.1  
12 do IPCC (2006) por geógrafos, o Município de São Paulo está localizado em uma zona de  
13 floresta tropical decídua úmida e de clima tropical úmido. Ainda que, segundo o Mapa de  
14 Vegetação do Brasil (IBGE,2004), foram identificados quatro tipos florestais no município de  
15 São Paulo com predominância da Floresta Ombrófila Densa. Em menores quantidades há  
16 manchas de Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa Montana e  
17 Savana/ Cerrado com atividade agrária.

18  
19 A diminuição dos estoques de carbono devido às perdas de biomassa foi estimada utilizando-se a  
20 Equação 4.

$$\Delta C_L = L_M + L_C + L_P \quad \text{Equação 4 – Diminuição do estoque de C na biomassa}^7$$

22  
23 onde

24

<sup>6</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.9 adaptado à Equação 2.10, p.2.15

<sup>7</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.11, p.2.16

$\Delta C_L$	Diminuição nos estoques de C pela perda de biomassa	[tC]
$L_M$	Perdas por remoção de madeira	[tC]
$L_C$	Perdas por remoção de biomassa para combustível	[tC]
$L_P$	Perdas por perturbação	[tC]

1

2 Entende-se por perdas devido à perturbação ( $L_P$ ) as perdas de biomassa devido aos incêndios  
3 controlados ou naturais.

4

5 Para as áreas urbanizadas, existem árvores dispersas que podem ser avaliadas em relação às  
6 diferenças de estoque carbono. Neste caso as emissões podem ser estimadas de duas formas: na  
7 primeira abordagem se considera que não existem mudanças no estoque de carbono pelo uso do  
8 solo desta categoria, não havendo emissões nem remoções de GEE. A outra abordagem propõe  
9 estimar as emissões e remoções dos GEE através da área de cobertura das copas das árvores na  
10 área urbanizada ou através do número de árvores plantadas de cada espécie dentro da área  
11 urbanizada.

12

13 Na elaboração deste inventário de GEE do Município de São Paulo, optou-se por utilizar a  
14 primeira abordagem descrita, uma vez que as imagens de satélite utilizadas são de média  
15 resolução espacial (LANDSAT e CBERS, com pixels de 50 e 20 metros respectivamente) e  
16 permitem apenas a identificação de aglomerados arbóreos com áreas superiores a 900 e 400m<sup>2</sup>  
17 respectivamente.

18

19 A adoção de dados de árvores plantadas e inventariadas quanto à sua condição evolutiva, pode  
20 ser utilizada como uma avaliação paralela a este inventário, uma vez que as duas formas de  
21 contabilização descritas tem o mesmo objetivo, o que causaria uma dupla contagem no balanço  
22 de carbono.

23

#### 24 **2.1.1.2. Área convertida para outro uso da terra**

25

26 Para se estimar a mudança nos estoques de carbono da biomassa das áreas convertidas para outro  
27 uso de terra foi utilizada a Equação 5.

28

$$\Delta C_B = A \cdot (B_d - B_a) \cdot FC$$

**Equação 5 – Mudança no estoque de carbono da biomassa devido à conversão do uso da terra<sup>8</sup>**

1

2 onde

3

$\Delta C_B$	Mudança no estoque de carbono da biomassa	[tC]
$A$	Área de uso $i$ convertida para outro uso	[ha]
$B_d$	Estoque de C na biomassa depois da mudança	[t d.m./ha]
$B_a$	Estoque de C na biomassa antes da mudança	[t d.m./ha]
$FC$	Fração de C na matéria seca	[tC/t d.m.]

4

5 De acordo com IPCC (2006), assume-se que todo o carbono contido na biomassa retirada  
6 durante o processo de conversão é emitida diretamente para a atmosfera e não adicionado à  
7 matéria orgânica morta.

8

### 9 **2.1.2. Matéria Orgânica Morta**

10

11 A matéria orgânica morta (*DOM – dead organic matter*) é uma fonte de carbono formada por  
12 madeira morta e materiais orgânicos dispostos no solo e as estimativas partem das análises da  
13 dinâmica de carbono destas fontes. Os métodos de perda e ganho e por diferença de estoques,  
14 podem ser utilizados.

15

#### 16 **2.1.2.1. Áreas permanecendo na mesma categoria de uso**

17

18 A contabilização de carbono estocado na matéria orgânica morta para áreas que se mantiveram  
19 na mesma categoria de uso da terra adotada neste inventário foi o *Tier 1* do IPCC (2006).  
20 Adotando-se este *Tier*, assume-se que o estoque de carbono da matéria orgânica morta de todas  
21 as categorias de uso da terra não sofrem alterações, contanto que não haja alterações no uso da  
22 terra. Ou seja, considera-se que a quantidade de carbono transferida para a matéria orgânica  
23 morta é equivalente à quantidade liberada pela matéria orgânica morta para a atmosfera, sendo  
24 nulo o resultado dessa variação.

25

<sup>8</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.16, p.2.20

### 2.1.2.2. Área convertida para outro uso da terra

Para as áreas convertidas para outro uso, conforme IPCC (2006), considera-se que todas as mudanças nos estoques de carbono da matéria morta associadas à alteração no uso da terra, devem ser contabilizadas para a nova categoria de uso.

A contabilização do carbono estocado na matéria orgânica morta em áreas que sofreram alterações em seus usos foi o *Tier 1*. De acordo com IPCC (2006), para este *Tier* assume-se para categorias não florestais, que a matéria orgânica morta após a conversão do uso da terra é zero, ou seja, que todo o carbono é perdido no ano de conversão de uso da terra, não restando carbono estocado nas áreas com novo uso. Contrariamente, para as áreas florestais assume-se que após a conversão ocorre um ganho do carbono estocado de forma linear durante um período de transição de 20 anos, começando do zero.

Desta forma, para áreas com alteração no uso da terra, o carbono estocado na matéria orgânica morta foi contabilizado conforme apresentado na Equação 6.

$$\Delta C_{DOM} = \frac{(C_n - C_0) \cdot A}{T}$$

**Equação 6 – Mudança no estoque de carbono em matéria orgânica morta<sup>9</sup>**

onde

$\Delta C_{DOM}$	Mudança no estoque de carbono da matéria orgânica morta	[tC/ano]
$C_n$	Estoque de C na mat. org. morta depois da mudança	[t C/ha]
$C_0$	Estoque de C na mat. org. morta antes da mudança	[t C/ha]
$A$	Área convertida para outra categoria	[ha]
$T$	Período de transição (padrão de 1 ano para perda de carbono e de 20 anos para reposição do carbono)	[ano]

<sup>9</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.23, p.2.26

### 2.1.3. Carbono no Solo

A metodologia do IPCC (2006) prevê a estimativa de carbono nos solos dentro de uma espessura padrão de 30 centímetros, já que as atividades humanas podem alterar este estoque. Dois tipos de solos são diferenciados, os minerais e os orgânicos (pantanosos).

Para o inventário do Município de São Paulo adotou-se apenas a existência de solo do tipo mineral para as estimativas das variações nos estoques de carbono. Apesar da importância ambiental dos solos orgânicos, estes não foram considerados neste inventário, pois foi verificado que as áreas de várzeas, onde há a ocorrência de solos orgânicos, representam menos de 2% da área total do município.

#### 2.1.3.1. Áreas permanecendo na mesma categoria de uso

Para o caso das áreas que se mantêm na mesma categoria de uso, é considerada nula a variação conforme discutido pelo IPCC (2006). Se não houve alteração no uso, é esperado que o carbono no solo esteja em equilíbrio e que o estoque seja mantido, não apresentando variação.

#### 2.1.3.2. Área convertida para outro uso da terra

A abordagem padrão para o inventário de GEE referente ao carbono do solo é baseada nas alterações sobre um período finito de tempo. Os períodos inventariados provavelmente são estabelecidos de forma a coincidirem com os anos em que houve a coleta dos dados. Para cada período são estimados os estoques de carbono orgânico no solo para o primeiro e para o último ano, a partir dos estoques de carbono padrão para cada categoria de uso da terra. As taxas anuais de mudança nos estoques de carbono são quantificadas como a diferença nos estoques em dois tempos distintos divididos pelo tempo de dependência dos fatores de mudança do estoque. A Equação 7 apresenta o cálculo para a mudança de carbono no solo, a ser aplicado conforme as condições climáticas e de tipo de solo. Coincidam

$$\Delta C_{\text{Mineral}} = \frac{(SOC_0 - SOC_{(0-T)})}{D}$$

Equação 7 – Mudança no estoque de carbono do solo<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.2, Equação 2.25, p.2.30

$$SOC = \sum (SOC_{REF} \cdot F_{LU} \cdot F_{MG} \cdot F_I \cdot A)$$

1

2 onde

3

$\Delta C_{Mineral}$	Mudança no estoque de carbono em solo mineral	[tC/ano]
$SOC_0$	Estoque de carbono orgânico no solo, no último ano do período do inventário	[tC]
$SOC_{(0-t)}$	Estoque de carbono orgânico no solo, no primeiro ano do período do inventário	[tC]
$T$	Anos do período do inventário	[anos]
$D$	Tempo de dependência dos fatores de mudança de estoque no solo. O valor padrão é de 20 anos.	[anos]
$SOC_{REF}$	Estoque de carbono orgânico no solo de referência	[tC/ha]
$F_{LU}$	Fator de mudança no estoque de carbono por mudança de uso	[-]
$F_{MG}$	Fator de mudança no estoque de carbono tipo de manejo	[-]
$F_I$	Fator de mudança no estoque de carbono adição de carbono	[-]
$A$	Área	[ha]

4

5

## 6 2.2. SUBSETOR PECUÁRIA

7

8 No setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra verifica-se uma contribuição nas  
9 emissões de GEE por CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, que podem ser provenientes da fermentação entérica das  
10 criações de rebanhos e do manejo dos dejetos dos animais. As emissões de CO<sub>2</sub> na pecuária não  
11 são estimadas, pois as emissões líquidas são consideradas de fonte biogênica (IPCC, 2006).

12

13 Optou-se por estimar as emissões dos GEE provenientes da criação de animais através da  
14 “abordagem 1” apresentada pelo IPCC (2006), que se baseia em fatores de emissão padrão, uma  
15 vez que esta não é uma categoria chave na emissão de GEE para São Paulo devido à alta  
16 urbanização do Município.

17

### 18 2.2.1. Fermentação entérica

19

20 A criação de animais promove emissões de metano (CH<sub>4</sub>) como subproduto da fermentação  
21 entérica. Estas emissões foram estimadas conforme apresentado pela Equação 8.

$$E_{CH_4} = FE_T \cdot \frac{N_T}{10^3} \quad \text{Equação 8 – Emissões de CH}_4 \text{ da fermentação entérica}^{11}$$

onde

$E_{CH_4}$	Emissão de CH <sub>4</sub>	[tCH <sub>4</sub> ]
$FE$	Fator de emissão da fermentação entérica	[kgCH <sub>4</sub> /cabeça]
$N$	Número de animais	[cabeça]
$10^3$	Conversão de kg para t	[t/kg]
$\tau$	Tipo de animal	

### 2.2.2. Manejo de Dejetos

O manejo dos dejetos da pecuária contribui com emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Para estimar as emissões de CH<sub>4</sub> provenientes do manejo dos dejetos dos animais foi aplicada a Equação 8, mesmo cálculo utilizado para estimar as emissões da fermentação entérica, apenas substituindo-se o fator de emissão pelo fator correspondente ao tipo de manejo e tratamento de dejetos.

O N<sub>2</sub>O é produzido, diretamente e indiretamente, durante a estocagem e o tratamento dos dejetos animais antes de sua aplicação na terra ou outros usos específicos. As emissões diretas de N<sub>2</sub>O ocorrem através da combinação dos processos de nitrificação e de denitrificação do nitrogênio presente nos dejetos. As emissões indiretas resultam das perdas pelo nitrogênio volátil que se convertem parcialmente à forma de N<sub>2</sub>O.

As emissões diretas de N<sub>2</sub>O do manejo dos dejetos animais foram estimadas de acordo com o apresentado na Equação 9.

$$E_{N_2O_D} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (N_T \cdot Nex_T \cdot MS_{T,S}) \right] \cdot FE_S \right] \cdot \frac{44}{28} \quad \text{Equação 9 – Emissão direta de N}_2\text{O pelo manejo de dejetos}^{12}$$

onde

<sup>11</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.10, Equação 10.19, p.10.28 com adaptação das unidades de medida das variáveis para adequação das grandezas deste inventário (Gg para t).

<sup>12</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.10, Equação 10.25, p.10.54

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14

$E_{N2OD}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O/ano]
$N$	Número de animais por tipo	[cabeças]
$N_{ex}$	Média anual de N excretado por tipo de animal	[kgN/cabeça.ano]
$MS$	Fração de dejetos manejados	[adimensional]
$FE$	Fator de emissão para emissões diretas de N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgN]
$44/28$	Conversão de N <sub>2</sub> O-N para N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O/kgN <sub>2</sub> O-N]
$s$	Sistema de manejo de dejetos	
$t$	Tipo de animal	

As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O devido à volatilização do nitrogênio pelo manejo de dejetos foram estimadas a partir da Equação 10.

$$E_{N_2O_V} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (N_T \cdot Nex_T \cdot MS_{T,S}) \right] \cdot \frac{Frac_{GASM_S}}{100} \cdot FE_{4,S} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

**Equação 10 – Emissão indireta de N<sub>2</sub>O devido à volatilização<sup>13</sup>**

onde

$E_{N2OV}$	Emissão indireta de N <sub>2</sub> O pelo manejo de dejetos	[kgN <sub>2</sub> O/ano]
$N$	Número de animais por tipo	[cabeças]
$N_{ex}$	Média anual de N excretado por tipo de animal	[kgN/cabeça.ano]
$MS$	Fração de dejetos manejados	[adimensional]
$Frac_{GASM}$	Fração do N de orgânico volatilizado	[kgNvolatilizado/kgN]
$FE_4$	Fator de emissão de N <sub>2</sub> O devido à volatilização e deposição de nitrogênio	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgNvolatilizado]
$44/28$	Conversão de N <sub>2</sub> O-N para N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O/kgN <sub>2</sub> O-N]
$s$	Sistema de manejo de dejetos	
$t$	Tipo de animal	

### 2.3. SUBSETOR SOLOS AGRÍCOLAS

O IPCC (2006) apresenta metodologia para estimar as emissões antrópicas diretas e indiretas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dos solos manejados, para estimar as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

<sup>13</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.10, Equação 10.26, p.10.54 adaptada à Equação 10.27, p.10.56

1 da aplicação de cal e ureia nos solos e para estimar as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) nas plantações  
 2 de arroz. Porém, não será apresentada a metodologia para as emissões de CH<sub>4</sub> provenientes do  
 3 cultivo de arroz, pois este tipo de cultura não foi observado no Município de São Paulo,  
 4 conforme dados do IEA (2012).

### 6 2.3.1. Emissões de N<sub>2</sub>O do Manejo dos solos

7  
 8 Para estimar as emissões diretas de N<sub>2</sub>O pela metodologia do IPCC (2006), as fontes  
 9 consideradas são:

- 11 • Fertilizantes sintéticos;
- 12 • Nitrogênio orgânico aplicado como fertilizante;
- 13 • Dejetos excretados diretamente nas pastagens;
- 14 • Nitrogênio presente nos resíduos das plantações;
- 15 • Mineralização do nitrogênio associado à perda de matéria orgânica do solo;
- 16 • Manejo/drenagem dos solos orgânicos.

17  
 18 A Equação 11 foi utilizada para estimar as emissões diretas de N<sub>2</sub>O do manejo dos solos  
 19 agrícolas.

$$N_2O_D = [N_2O-N_{Input} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP}] \cdot \frac{44}{28} \quad \text{Equação 11 – Emissão direta de N}_2\text{O do manejo dos solos}^{14}$$

21 onde

22 $N_2O_D$	Emissão direta anual de N <sub>2</sub> O dos solos manejados	[kgN <sub>2</sub> O/ano]
23 $N_2O-N_{Input}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O-N <sup>15</sup> da aplicação de N	[kgN <sub>2</sub> O-N/ano]
$N_2O-N_{OS}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O-N dos solos orgânicos	[kgN <sub>2</sub> O-N/ano]
$N_2O-N_{PRP}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O-N dos dejetos excretados no solo	[kgN <sub>2</sub> O-N/ano]
44/28	Conversão de N <sub>2</sub> O-N para N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O/kgN <sub>2</sub> O-N]

24

<sup>14</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.11, Equação 11.1, p.11.7

<sup>15</sup> Quantidade de nitrogênio (N) que se converte em óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

1 Sendo que a emissão direta de N<sub>2</sub>O-N da aplicação de nitrogênio no solo é dada pela Equação  
 2 12.

$$N_2O-N_{Input} = [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot FE_1] + [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot FE_{1FR}]$$

**Equação 12 – Emissão direta de N<sub>2</sub>O-N da aplicação de N nos solos<sup>14</sup>**

4  
 5 onde

$N_2O-N_{Input}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O-N da aplicação de N	[kgN <sub>2</sub> O-N/ano]
$F_{SN}$	Fertilizante N sintético aplicado no solo	[kgN/ano]
$F_{ON}$	N orgânico aplicado no solo	[kgN/ano]
$F_{CR}$	N nos resíduos das plantações no solo	[kgN/ano]
$F_{SOM}$	N mineralizado associado à perda de matéria orgânica do solo	[kgN/ano]
$FE_1$	Fator de N <sub>2</sub> O-N da aplicação de N	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgN]
$FE_{1FR}$	Fator de N <sub>2</sub> O-N da aplicação de N em plantação de arroz de várzea	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgN]
$FR$	Arroz de várzea	

7  
 8 As emissões diretas dos solos orgânicos de acordo com o tipo de uso do solo e do clima não  
 9 foram consideradas, já que, conforme discutido anteriormente, adotou-se como premissa apenas  
 10 a ocorrência de solo do tipo mineral, para o Município de São Paulo.

11  
 12 Para estimar as emissões diretas de N<sub>2</sub>O de Nitrogênio (N<sub>2</sub>O-N) contido nos dejetos excretados  
 13 diretamente nos pastos utilizou-se a Equação 13.

$$N_2O-N_{PRP} = [(F_{PRP,BAS} \cdot FE_{3,BAS}) + (F_{PRP,O} \cdot FE_{3,O})]$$

**Equação 13 – Emissão direta de N<sub>2</sub>O-N de dejetos excretados no solo<sup>14</sup>**

15 onde

$N_2O-N_{PRP}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O-N de dejetos excretados diretamente nos pastos	[kgN <sub>2</sub> O-N/ano]
$F_{PRP}$	N depositado no pasto pelos dejetos de animais em pastagem	[kgN/ano]
$FE_3$	Fator de emissão de N <sub>2</sub> O dos dejetos animais excretados nos pastos	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgN]
$BAS$	Bovinos, aves e suínos	[kgN/ano]
$O$	Ovelhas e outros animais	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgN]

17  
 18 A quantidade de nitrogênio depositado no solo proveniente dos dejetos dos animais que pastam  
 19 foi estimada conforme apresentado na Equação 14.

**Equação 14 – N depositado nos pastos por animais que pastam<sup>16</sup>**

$$F_{PRP} = \sum_T N_T \cdot Nex_T \cdot MS_{T,PRP}$$

onde

$F_{PRP}$	N depositado no pasto pelos dejetos de animais que pastam	[kgN/ano]
$N_T$	Número de animais	[cabeça]
$Nex_T$	Média anual de N excretado por animal	[kgN/cabeça.ano]
$MS_{PRP}$	Fração de dejetos animais excretados no solo	[adimensional]
$T$	Tipo de animal	

As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O ocorrem de duas formas:

- por meio da volatilização do nitrogênio em forma de amônia e óxidos de nitrogênio e deposição destes gases no solo e na superfície da água e;
- por meio da lixiviação e do escoamento do nitrogênio no solo.

As emissões de N<sub>2</sub>O devido à volatilização do nitrogênio foram calculadas de acordo com a Equação 15.

$$N_2O_V = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM})] \cdot FE_4 \cdot \frac{44}{28}$$

**Equação 15 – Emissão indireta de N<sub>2</sub>O devido à volatilização do N<sup>17</sup>**

onde

$N_2O_V$	Emissão de N <sub>2</sub> O-N devido ao N volatilizado	[kgN <sub>2</sub> O/ano]
$F_{SN}$	N de fertilizantes sintéticos aplicados no solo	[kgN/ano]
$Frac_{GASF}$	Fração do N de fertilizantes sintéticos volatilizado	[kgNvolatilizado/kgN]
$F_{ON}$	N de fertilizante orgânico aplicado no solo	[kgN/ano]
$F_{PRP}$	N depositado no pasto pelos dejetos de animais que pastam	[kgN/ano]
$Frac_{GASM}$	Fração do N de orgânico volatilizado	[kgNvolatilizado/kgN]
$FE_4$	Fator de emissão de N <sub>2</sub> O devido à volatilização e deposição de nitrogênio	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgNvolatilizado]
$44/28$	Conversão de N <sub>2</sub> O-N para N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O/kgN <sub>2</sub> O-N]

<sup>16</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.11, Equação 11.5, p.11.13

<sup>17</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.11, Equação 11.9, p. 11.21 adaptado conforme consideração de conversão de gás emitido p.11.21, linha 19.

1  
2 As emissões decorrentes da lixiviação e do escoamento do nitrogênio no solo são contabilizadas  
3 de acordo com a Equação 16.

$$N_2O_L = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_L \cdot FE_5 \cdot \frac{44}{28}$$

**Equação 16 – Emissão indireta por lixiviação e escoamento do nitrogênio<sup>18</sup>**

5  
6 onde

$N_2O_L$	Emissão indireta de N <sub>2</sub> O por lixiviação e escoamento	[kgN <sub>2</sub> O/ano]
$F_{SN}$	N de fertilizantes sintéticos aplicados no solo	[kgN/ano]
$F_{ON}$	N de fertilizante orgânico aplicado no solo	[kgN/ano]
$F_{PRP}$	N depositado no pasto pelos dejetos de animais que pastam	[kgN/ano]
$F_{CR}$	N nos resíduos das plantações no solo	[kgN/ano]
$F_{SOM}$	N mineralizado associado à perda de matéria orgânica do solo	[kgN/ano]
$Frac_L$	Fração de N perdido por lixiviação ou escoamento	[kgNlixiviado/kgN]
$FE_5$	Fator de Emissão de N <sub>2</sub> O por lixiviação ou escoamento	[kgN <sub>2</sub> O-N/kgNlixiviado]
$44/28$	Conversão de N <sub>2</sub> O-N para N <sub>2</sub> O	[kgN <sub>2</sub> O/kgN <sub>2</sub> O-N]

8  
9 **2.3.2. Emissões de CO<sub>2</sub> da aplicação de cal e ureia**

10  
11 A aplicação de cal na forma de carbonato de cálcio nos solos agrícolas é uma prática que visa  
12 reduzir a acidez do solo e ajudar no crescimento das plantas. A adição de cal (calcítico ou  
13 dolomítico) no solo leva à emissão de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2006).

14  
15 Para estimar as emissões de CO<sub>2</sub> da calagem o IPCC (2006) apresenta metodologias em três  
16 *Tiers*, neste inventário foi utilizado o *Tier 1*, apresentado na Equação 17.

$$E_{CO_2} = [(M_C \cdot FE_C) + (M_D \cdot FE_D)] \cdot \frac{44}{12}$$

**Equação 17 – Emissão de CO<sub>2</sub> da calagem dos solos agrícolas<sup>19</sup>**

18  
19 onde

<sup>18</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.11, Equação 11.10, p.11.21 adaptado conforme consideração da conversão de gás emitido p.11.22, linha 7.

<sup>19</sup> Fonte: IPCC (2006) V.4, Ch.11, Equação 11.12, p.11.27 adaptado conforme consideração para a conversão do gás emitido p.11.27, linha 23.

1

$E_{CO_2}$	Emissão de CO <sub>2</sub> da calagem	[tCO <sub>2</sub> /ano]
$M_C$	Massa de calcário anual utilizada	[tCaCO <sub>3</sub> /ano]
$FE_C$	Fator de emissão de C do calcário	[tC/tCaCO <sub>3</sub> ]
$M_D$	Massa de dolomita anual utilizada	[tCaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> /ano]
$FE_D$	Fator de emissão de C da dolomita	[tC/ tCaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]
$44/12$	Conversão de C para CO <sub>2</sub>	[tCO <sub>2</sub> /tC]

2

3 De acordo com IPCC (2006), a aplicação da ureia tem como objetivo a fertilização do solo,  
 4 porém essa ação leva a uma perda do CO<sub>2</sub> fixado a este produto no seu processo de produção.  
 5 Para estimar as emissões de CO<sub>2</sub> devidas à aplicação da ureia no solo foi utilizada a Equação 18.  
 6 Também há emissões de N<sub>2</sub>O provenientes do nitrogênio presente na ureia, estas foram  
 7 calculadas pela abordagem em fertilizantes sintéticos (item 3.4.1).

8

$$E_{CO_2} = M \cdot FE \cdot \frac{44}{12} \quad \text{Equação 18 – Emissão de CO}_2 \text{ pela aplicação de ureia nos solos agrícolas}^{20}$$

9

10 onde

11

$E_{CO_2}$	Emissão de CO <sub>2</sub> da aplicação de ureia	[tCO <sub>2</sub> /ano]
$M$	Massa de ureia	[t de ureia/ano]
$FE$	Fator de emissão de C da ureia	[tC/t de ureia]
$44/12$	Conversão de C para CO <sub>2</sub>	[tCO <sub>2</sub> /tC]

12

13

<sup>20</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, Equação 11.13, p.11.32

### 3. DADOS

#### 3.1. TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE IMAGEM DE SATÉLITE

A classificação da área do Município de São Paulo dentro das categorias de uso da terra do IPCC (2006) foi realizada através da interpretação visual das imagens de satélite de média resolução espacial. Para o ano de 2003, foi utilizada a imagem do LANDSAT-5 com resolução espacial de 30x30m de 24/10/2003 e para o ano de 2009, a imagem do satélite CBERS-2B com resolução espacial de 20x20m de 01/09/2009.

Nas imagens do satélite LANDSAT-5 TM, foi utilizada a composição colorida nas bandas 5(R), 4(G), 3(B) e para as imagens do CBERS-2B, sensor CCD, composição 3R, 4G, 2B. Para ambas as imagens adotou-se a projeção UTM, Fuso 23, Datum Horizontal SAD 69.

De acordo com IPCC (2006), o uso de imagens de satélite é uma opção para o mapeamento de uso da terra, mesmo as mais comuns com resolução espacial de 20 a 30 metros. Com uma resolução de 30m é possível identificar unidades tão pequenas quanto 1 hectare. As imagens de satélite utilizadas neste inventário enquadram-se nessa descrição.

No inventário de emissões de GEE do Município de São Paulo de 2003 foi realizado pela SVMA o mapeamento e classificação das áreas a partir de uma imagem do ano de 2001, onde foram determinadas as fronteiras para sete categorias de uso da terra: agricultura, água, urbanização, pastagem/campo antrópico, reflorestamento, vegetação natural e mineração. O

Quadro 2 apresenta a correspondência entre a classificação adotada no Município e as categorias de uso da terra do IPCC (2006).

Quadro 2 - Categorias de Uso da Terra do IPCC (2006)

Categorias de Uso da Terra do IPCC (2006)	Usos da Terra no Município
Agricultura	Agricultura
Área Alagada	Água
Urbanização	Urbanização
Campo	Pastagem/Campo Antrópico
Floresta	Reflorestamento
	Vegetação Natural
Outros Usos	Mineração

O mapeamento realizado neste segundo inventário do Município adotou como base de classificação das áreas as fronteiras do primeiro inventários, conforme a resolução da imagem utilizada em 2001, de 900 m<sup>2</sup>. A seguir são descritas as características e critérios adotados na classificação da área do Município através da análise das imagens de satélite para cada categoria de uso da terra.

### 3.1.1. Agricultura

Nesta categoria de uso da terra foram consideradas as áreas destinadas a culturas anuais, como por exemplo, a plantação de cereais e vegetais; e a culturas perenes, por exemplo, pomares (IPCC, 2006).

Para se definir as áreas utilizadas para agricultura, foram consideradas na interpretação de imagens, aquelas que apresentavam os seguintes padrões: textura lisa, tonalidades verdes e/ou amarronzadas, com limites definidos e padronizados. Uma imagem típica adotada neste inventário para esse tipo de uso da terra é ilustrada na Figura 2.

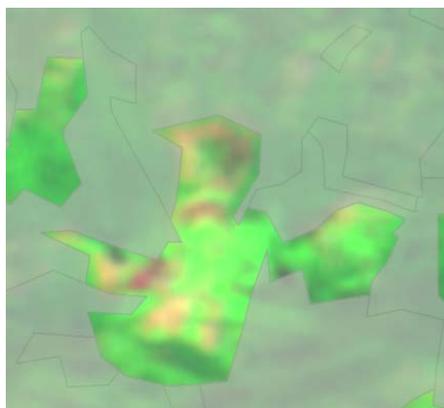


Figura 2 – Área agrícola

### 3.1.2. Área Alagada

Nesta categoria foram consideradas as áreas que são cobertas por água durante o ano todo ou em parte do ano (área de várzea das represas), excluindo-se as áreas de rios e lagos conforme orientação do IPCC (2006) por serem áreas não manejadas.

Na classificação da imagem de satélite foram consideradas nesta categoria as áreas de tonalidade azul marinho ou preta e de textura lisa. No entorno das represas, as áreas de várzea também foram contabilizadas. Na Figura 3 é apresentada uma represa, que representa bem as características das imagens classificadas como áreas alagadas.

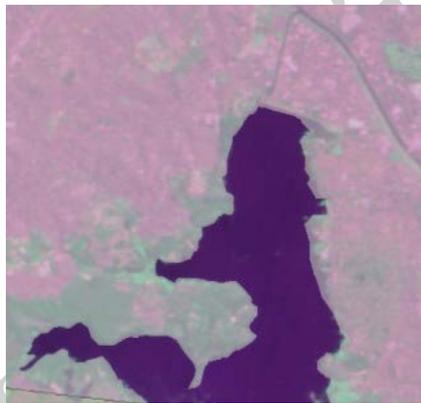


Figura 3 – Área alagada

### 3.1.3. Urbanização

Nesta categoria de uso da terra foram consideradas todas as áreas edificadas, incluindo rodovias, residências, escolas, indústrias e comércios.

Na classificação das imagens de satélite para esta categoria foram consideradas as áreas com tonalidade magenta e roxa, com grande quantidade de sombras e diferença na tonalidade das cores. A Figura 4 ilustra uma área típica de urbanização considerada neste inventário.

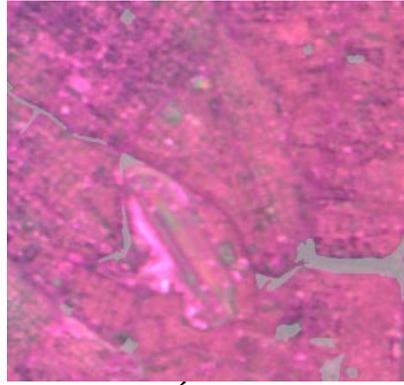


Figura 4 – Área urbanizada

#### 3.1.4. Campo Antrópico

Nesta categoria de uso da terra foram consideradas as áreas de pastagens, vegetações rasteiras e arbustos. Em geral, possuem baixo estoque de carbono, com poucas toneladas por hectare (IPCC, 2006).

Foram classificadas nesta categoria as áreas de textura lisas, de tonalidades verdes e/ou amarronzadas, com limites pouco definidos e sem padrões. Uma imagem típica de campo antrópico está ilustrada na Figura 5.

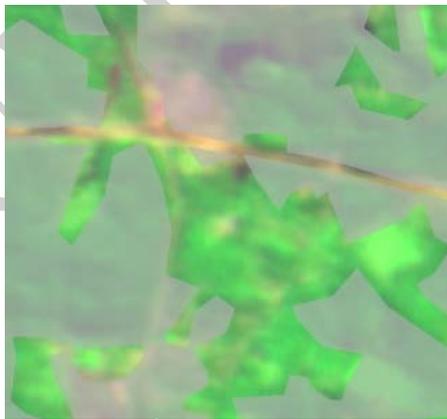


Figura 5 – Área de campo antrópico

#### 3.1.5. Floresta

Dentro da categoria Floresta, para o Município de São Paulo, foram adotadas duas subdivisões: Reflorestamento e Vegetação Natural.

### 3.1.5.1. *Reflorestamento*

No caso do Município de São Paulo, foram consideradas nesta subcategoria de uso da terra as áreas de maciços florestais homogêneos, representados predominantemente por áreas de plantio de eucalipto e pinus. Porém, as áreas arborizadas de parques, praças e áreas públicas com mais de 6.000m<sup>2</sup> também foram consideradas nesta subcategoria, as quais são compostas por diferentes espécies de árvores que não o eucalipto e o pinus.

As características consideradas na análise das imagens de satélite para as áreas de reflorestamento foram aquelas com predominância de tonalidade verde, com pouca alternância entre os tons. Uma imagem típica da área considerada como reflorestamento no Município é mostrada na Figura 6.

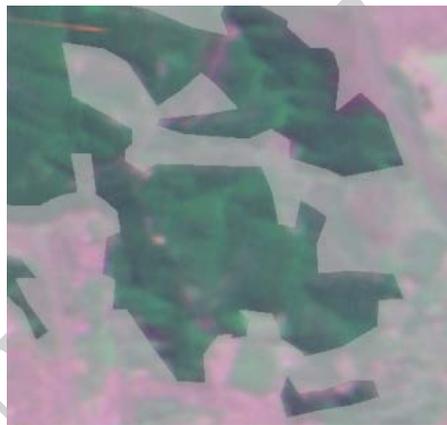


Figura 6 – Área de reflorestamento

### 3.1.5.2. *Vegetação Natural*

Nesta subcategoria de uso da terra foram consideradas as áreas de maciços florestais heterogêneos que no Município de São Paulo são formadas predominantemente por áreas de Mata Atlântica, remanescentes de floresta ombrófila densa em diferentes estágios sucessionais.

As características consideradas para classificação das áreas de vegetação natural foram aquelas com predominância da tonalidade verde e alternância entre os tons, apresentando um padrão de textura rugosa. A Figura 7 exemplifica este tipo de classificação.



Figura 7 – Área de vegetação natural

### 3.1.6. Outros usos

Na categoria outros usos foram consideradas as áreas de mineração e aterros sanitários, localizados no Município de São Paulo.

As características das imagens adotadas na classificação desse uso foram áreas com tonalidades magenta e roxa lisa com limites definidos e ausência de sombras na imagem. A Figura 8 apresenta uma área de mineração considerada na categoria outros usos.

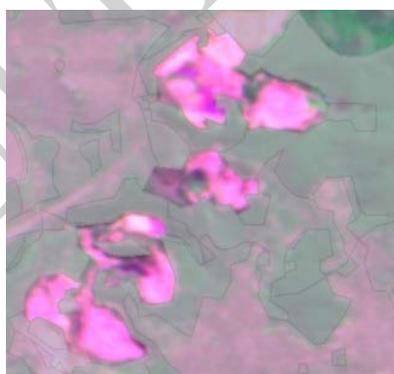


Figura 8 – Área de mineração

## 3.2. USOS DA TERRA

Adotando-se a classificação de uso do solo proposta para o Município de São Paulo, a partir da análise das imagens de satélite dos anos de 2003 e 2009, foram obtidos os Mapas de Uso do Solo para os anos de 2003 e de 2009, apresentados nas Figura 9 e Figura 10, respectivamente.

Figura 9 - USO DO SOLO DO ANO DE 2003

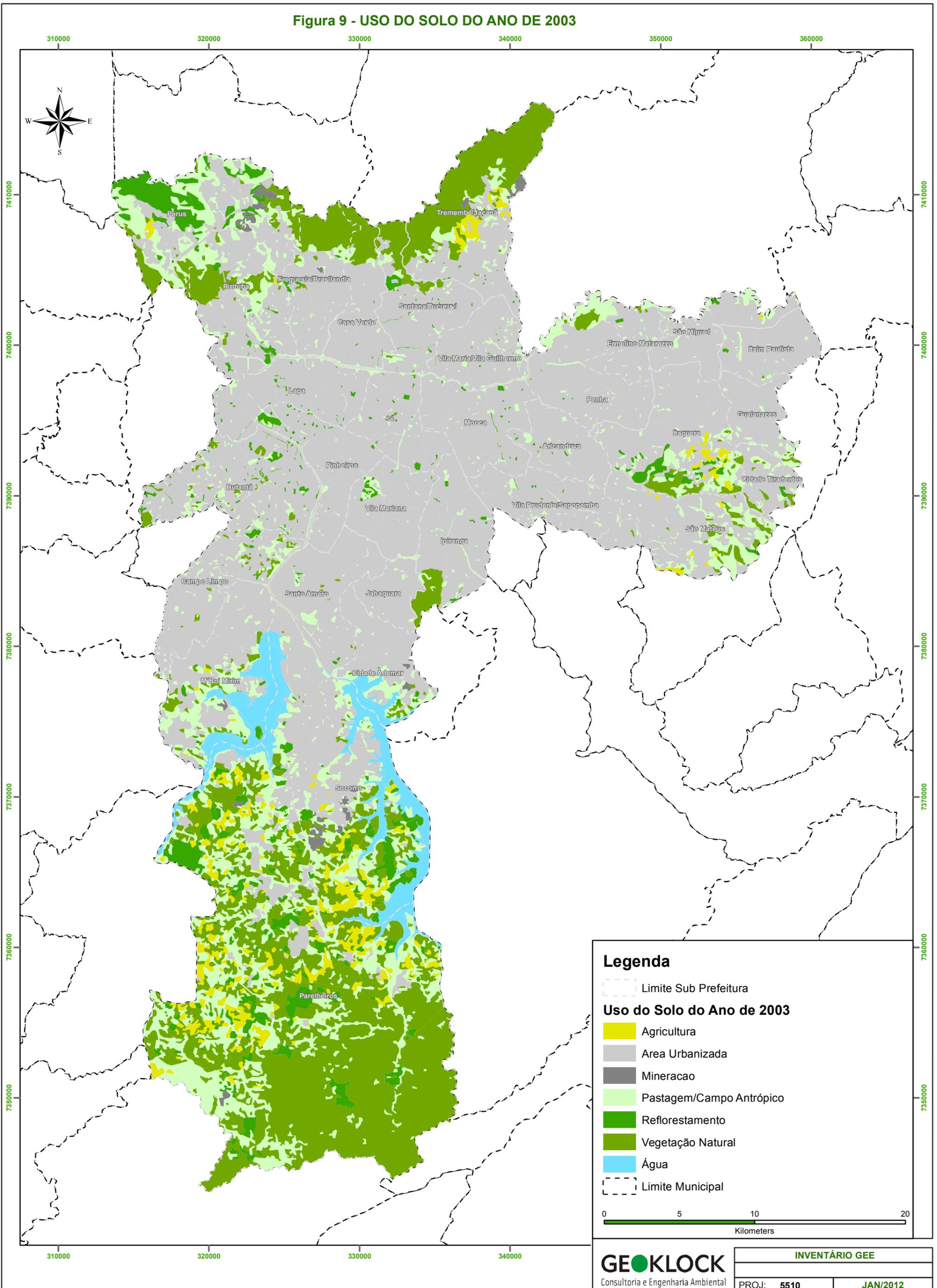
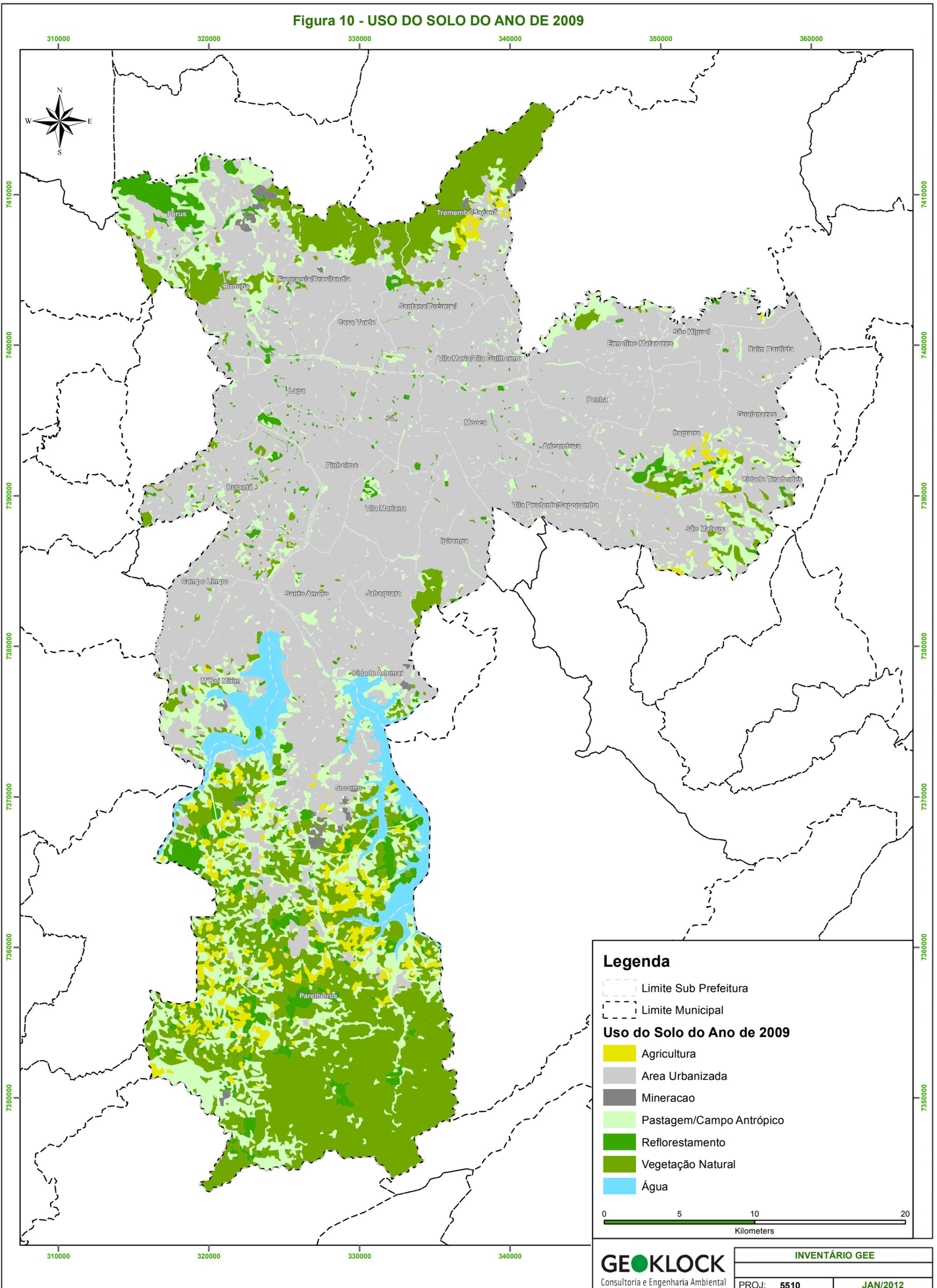


Figura 10 - USO DO SOLO DO ANO DE 2009

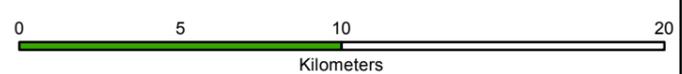


**Legenda**

- Limite Sub Prefeitura
- Limite Municipal

**Uso do Solo do Ano de 2009**

- Agricultura
- Area Urbanizada
- Mineracao
- Pastagem/Campo Antrópico
- Reforestamento
- Vegetação Natural
- Água



1 A partir da análise visual das imagens de satélite foi possível quantificar as áreas em que o uso  
 2 da terra permaneceu na mesma categoria e as áreas que sofreram alguma alteração em seu uso. A  
 3 Tabela 1 apresenta as variações do uso da terra no Município de São Paulo.

4  
 5 **Tabela 1 – Permanências e variações do uso da terra**

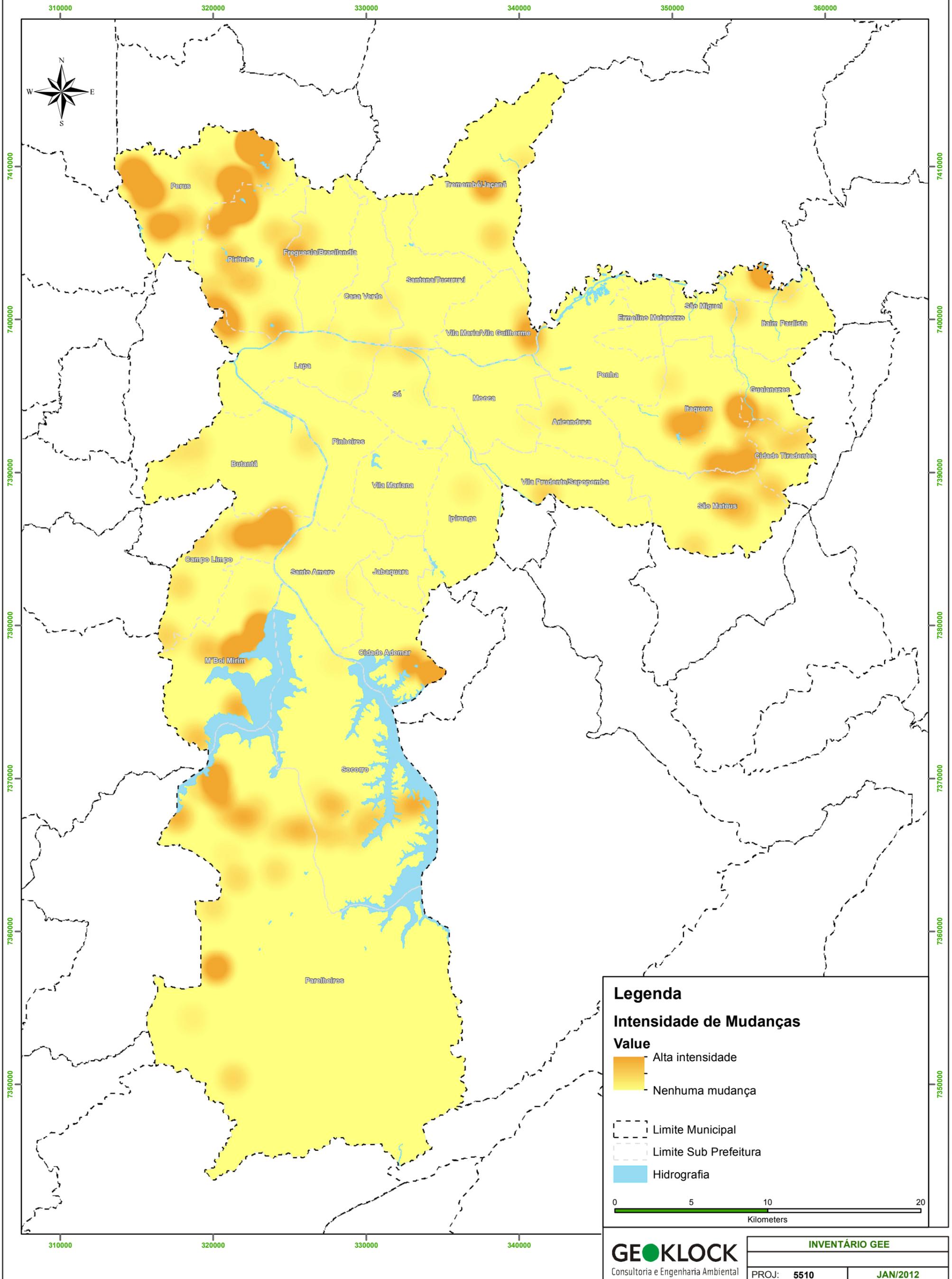
Uso em 2003	Uso em 2009	Área (ha)
Agricultura	Agricultura	3.977
Agricultura	Urbanização	31
Agricultura	Campo antrópico	11
Agricultura	Reflorestamento	0
Água	Água	5.162
Água	Urbanização	0
Água	Campo antrópico	0
Água	Reflorestamento	0
Urbanização	Urbanização	84.548
Urbanização	Agricultura	3
Urbanização	Campo antrópico	38
Urbanização	Reflorestamento	3
Campo antrópico	Campo antrópico	21.227
Campo antrópico	Agricultura	22
Campo antrópico	Urbanização	539
Campo antrópico	Reflorestamento	132
Campo antrópico	Outras áreas	29
Reflorestamento	Reflorestamento	5.868
Reflorestamento	Agricultura	4
Reflorestamento	Urbanização	55
Reflorestamento	Campo antrópico	158
Reflorestamento	Outras áreas	13
Vegetação natural	Vegetação natural	29.794
Vegetação natural	Agricultura	8
Vegetação natural	Urbanização	66
Vegetação natural	Campo antrópico	103
Vegetação natural	Reflorestamento	0
Vegetação natural	Outras áreas	5
Outros usos	Outras áreas	661
Outros usos	Urbanização	1
Outros usos	Campo antrópico	3
	Área Total (ha)	152.462

6

1 A Figura 11 apresenta as alterações ocorridas nas categorias de uso Floresta e Campo Antrópico  
2 para as categorias Agricultura, Urbanização e Outros Usos, entre os anos de 2003 e de 2009,  
3 obtidas a partir da sobreposição das imagens de satélites destes anos.  
4

CONSULTA PÚBLICA

**Figura 11 - MUDANÇAS DE USO DO SOLO ANTRÓPICAS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**



**Legenda**

**Intensidade de Mudanças**

**Value**

- Alta intensidade
- Nenhuma mudança

- Limite Municipal
- Limite Sub Prefeitura
- Hidrografia

0      5      10      20  
Kilometers

1 A Tabela 2 apresenta a síntese sobre a classificação da área do Município de São Paulo por tipo  
2 de uso da terra, em hectare.

3  
4 **Tabela 2 – Área por tipo de uso da terra, em hectares**

2003 2009	Agricultura	Água	Urbanização	Campo antrópico	Reflorestamento	Vegetação natural	Outras áreas	Total 2009
Agricultura	3.977	-	3	22	4	8	-	4.015
Água	-	5.162	-	-	-	-	-	5.162
Urbanização	31	-	84.548	539	55	66	1	85.241
Campo antrópico	11	-	38	21.227	158	103	3	21.540
Reflorestamento	-	-	3	132	5.868	-	-	6.003
Vegetação natural	-	-	-	-	-	29.794	-	29.794
Outras áreas	-	-	-	29	13	5	661	707
Total 2003	4.019	5.162	84.592	21.948	6.099	29.977	665	152.462

5  
6 O IPCC (2006) considera como período de transição de usos da terra um padrão de 20 anos para  
7 que uma área possa vir a ser considerada como uma área permanecendo na mesma categoria de  
8 uso da terra. As imagens de satélite analisadas neste inventário são dos anos de 2003 e de 2009,  
9 ou seja, apresentam um intervalo de seis anos. Assim, as áreas consideradas podem não ter  
10 completado o período de 20 anos sugerido pelo IPCC. Entretanto, adotou-se que as áreas  
11 classificadas como de mesma categoria de uso no intervalo de avaliação do inventário de GEE  
12 do Município de São Paulo, seguem a condição de área mantida.

13  
14 Para as áreas convertidas em outro uso da terra, como foram analisadas as imagens dos anos de  
15 2003 e de 2009, não foi possível identificar o ano exato em que houve a alteração do uso da terra  
16 e nem se ocorreram mudanças intermediárias durante o período. Desta forma seguiu-se a  
17 premissa adotada no Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções de Gases de Efeito  
18 Estufa no Setor de Uso da Terra, Mudança no Uso da Terra e Floresta (MCT, 2010a) que  
19 considera a alteração do uso da terra como tendo ocorrida na metade do período analisado, neste  
20 caso, no ano de 2006.

21  
22 A escolha das variáveis da biomassa foi baseada no clima e vegetação do município de São  
23 Paulo, de acordo com IPCC (2006), a área do Município encontra-se em uma zona ecológica de  
24 floresta tropical decídua úmida e de clima tropical úmido, conforme descrito no item 2.1.1.

1 Categorias de uso da terra

2

3 Para cada categoria de uso da terra o IPCC (2006) dispõe de considerações técnicas e de fatores  
4 de mudanças de estoque de biomassa, matéria orgânica morta e carbono no solo, de acordo com  
5 a zona climática, tipo de solo e o tipo de manejo. As especificidades de cada categoria são  
6 apresentadas a seguir.

7

### 8 **3.2.1. Agricultura**

9

10 De acordo com a análise das imagens de satélite, não foi possível distinguir as áreas agrícolas  
11 consideradas perenes ou anuais. No entanto, de acordo os dados de produção agrícola do IEA  
12 (2012), as áreas agrícolas do Município são predominantemente de plantações anuais. Desta  
13 forma, no presente inventário adotou-se a premissa de que as áreas agrícolas do Município de  
14 São Paulo eram de plantações anuais.

15

16 Para as áreas agrícolas que permaneceram nesta mesma categoria, o IPCC (2006)<sup>21</sup> considera  
17 que há variação no estoque de carbono da biomassa apenas para as culturas perenes lenhosas.  
18 Para as culturas anuais, o ganho de estoque de carbono na biomassa é removido na colheita. A  
19 matéria orgânica morta também não é considerada como estoque neste caso (IPCC, 2006)<sup>22</sup>.

20

21 As variações de carbono do solo podem ser estimadas a partir de informações de práticas de  
22 cultivo e adubação. Quando estas informações não são disponíveis, o IPCC (2006) recomenda  
23 adotar que não há variação neste estoque de carbono, para áreas agrícolas que se mantiveram na  
24 mesma categoria.

25

26 Para áreas que passaram a serem utilizadas na categoria agricultura, as variações dos estoques de  
27 biomassa, matéria orgânica morta e carbono no solo, seguem as diretrizes de contabilização  
28 conforme apresentado nos itens de 2.1.1 a 2.1.3.

29

30 Para as áreas convertidas em agricultura, foi adotado o valor padrão<sup>23</sup> de 5 toneladas de carbono  
31 por hectare como estoque de carbono na biomassa na agricultura. Ressalta-se que este valor é

<sup>21</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.5, p.5.7 – 5.2.1 Biomass: 5.2.1.1 Choice of Methods (2º Parágrafo)

<sup>22</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.5, p.5.13 – 5.2.2.1 Choice of Method: Tier 1

<sup>23</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.5, Tabela 5.9, p.5.28 para áreas de cultura anual (Annual cropland)

1 fixo, independente do número de anos, uma vez que o IPCC indica este valor como o ganho de  
2 biomassa no ano da transformação. Nos anos seguintes, o ganho de biomassa é removido pela  
3 colheita.

4  
5 No caso da matéria orgânica morta, o IPCC define que o estoque é perdido na transformação de  
6 outro uso para a categoria de agricultura. E, durante o uso da terra como agricultura, não há novo  
7 acúmulo.

8  
9 Para o carbono no solo, conforme a Equação 7, adotou-se como estoque de referência o valor  
10 padrão<sup>24</sup> de 47 toneladas de carbono por hectare, referente ao tipo de solo argiloso de baixa  
11 atividade (LAC – *Low Activity Clay*) de clima tropical úmido. Este valor é referente ao tipo de  
12 solo argiloso e de zona climática tropical úmida. Sabe-se que o solo paulistano é composto  
13 também por outros tipos de solo, mas com a predominância do tipo argiloso. Assim, foram  
14 adotadas, para efeito de cálculos, as referências para o tipo de solo argiloso de baixa atividade.

15  
16 Para o fator de uso da terra, utilizou-se o fator  $F_{LU}$ <sup>25</sup> de 0,82 referente ao clima tropical úmido e  
17 para atividades agrícolas com menos de 20 anos. Em relação à perturbação no solo (preparação  
18 do solo por movimentação da superfície), não há informações sobre este tipo de manejo. Dentre  
19 os fatores do IPCC (2006) da categoria de agricultura, foi adotado o valor de nível intermediário  
20 para o  $F_{MG}$ <sup>22</sup>, de 1,22, de zona tropical úmida. Para o fator de incremento de carbono no solo,  
21 também sem maiores detalhes sobre este manejo, adotou-se um  $F_I$ <sup>22</sup> de 1,0, representando a  
22 manutenção dos teores de carbono no solo durante as atividades de agricultura.

### 23 24 **3.2.2. Áreas Alagadas**

25  
26 O IPCC (2006) não dispõe de nenhuma metodologia para estimar as emissões ou remoções de  
27 CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O das áreas que permanecem nesta categoria, pois considera que estas emissões foram  
28 contabilizadas em outros setores. Além disso, afirma que em áreas alagadas podem ocorrer  
29 emissões significativas de CH<sub>4</sub>. Porém, estas emissões não foram contabilizadas neste produto,  
30 pois o guia do IPCC (2006) apresenta apenas uma base para o desenvolvimento de futuras  
31 metodologias, não apresentando uma metodologia com diretrizes definidas.

32  
<sup>24</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.2, Tabela 2.3, p.2.31.

<sup>25</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.5, Tabela 5.5, p.5.17

1 Para áreas convertidas em áreas alagadas são considerados apenas as emissões por perda de  
2 estoque de carbono da biomassa removida, pois não existe orientação sobre a contabilização das  
3 mudanças no estoque de carbono do solo. Porém, não foram observadas áreas convertidas em  
4 áreas alagadas durante o período de avaliação do inventário de GEE do Município de São Paulo.

### 6 3.2.3. Campo

7  
8 De acordo com as diretrizes do IPCC (2006), para as áreas de campo que se mantiveram na  
9 mesma categoria, assume-se que o sistema esteja em equilíbrio e então que não há mudanças no  
10 estoque de carbono da biomassa ou carbono no solo. Alterações nestes estoques podem ocorrer  
11 conforme o manejo destas áreas, mas são necessárias maiores informações para gerar qualquer  
12 estimativa.

13  
14 Além da biomassa, é considerado pelo IPCC (2006) que não há matéria orgânica morta nos  
15 campos. Mesmo quando a área é convertida em campo, considera-se que todo o estoque de  
16 carbono presente na categoria anterior é removido no ano de transformação. Entretanto, o IPCC  
17 recomenda que em áreas onde seja conhecido que a remoção não é total (exemplo: queimadas),  
18 seja realizados cálculos específicos com dados regionais.

19  
20 As alterações no carbono do solo segue o método proposto no item 2.1.3. (Equação 7 – Mudança  
21 no estoque de carbono do solo), utilizando-se como estoque de carbono de referência o valor  
22 padrão<sup>26</sup> de 47 toneladas de carbono por hectare, referente ao tipo de solo LAC (solo argiloso de  
23 baixa atividade e de zona climática tropical úmida) considerado neste inventário como sendo o  
24 tipo de solo predominante no Município.

25  
26 Para o fator de uso da terra para campo, utilizou-se o fator único e padrão  $F_{LU}$ <sup>27</sup> de 1,0. Em  
27 relação à perturbação no solo, não há informações sobre este tipo de manejo. Dentre os fatores  
28 do IPCC (2006) da categoria de campo, foi adotado o valor de nível intermediário de degradação  
29 para o  $F_{MG}$ <sup>28</sup>, de 0,97, de zona tropical. Para o fator de incremento de carbono no solo, também

<sup>26</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.2, Tabela 2.3, p.2.31.

<sup>27</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 6.2, p.6.16

<sup>28</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 6.2, p.6.16 para campos moderadamente degradados de clima tropical.

1 sem maiores detalhes sobre este manejo, adotou-se um  $F_1^{29}$  de 1,0, que indica que os teores de  
2 carbono no solo se mantêm sem práticas de adição de carbono.

#### 3 4 **3.2.4. Floresta**

5  
6 Nas florestas, as emissões de GEE e remoções por hectare variam de acordo com o local, tipo de  
7 árvores, estágio de desenvolvimento e práticas de manejo. As mudanças no estoque de carbono  
8 nas áreas florestais são devidas às variações de biomassa, de matéria orgânica morta e do  
9 carbono orgânico no solo.

10  
11 Dentre as classificações das imagens de satélite analisadas, considerou-se que as áreas de  
12 vegetação natural equivalem às áreas não manejadas. Neste caso, por se tratar de áreas sem  
13 influencia direta do homem, as emissões e remoções de  $CO_2$  destas áreas que não sofreram  
14 transformações, são consideradas nulas ou não contabilizadas, conforme orientação do IPCC.  
15 Entretanto, as transformações das áreas nativas em outros usos implicam em uma emissão de  
16 carbono referente ao estoque natural da vegetação nativa.

17  
18 Já no caso das áreas de reflorestamento, há um incremento anual de carbono na biomassa devido  
19 ao crescimento das árvores. Para esta categoria de uso da terra, as emissões e remoções de  $CO_2$   
20 consideradas são as referentes às áreas de reflorestamento que se mantiveram nesta mesma  
21 categoria, das áreas que foram convertidas para reflorestamento e das áreas que eram  
22 reflorestamento e foram transformadas para outros usos.

23  
24 A Tabela 3 apresenta os dados utilizados para estimar os estoques de carbono na biomassa das  
25 diferentes categorias de uso da terra para áreas de clima tropical úmido e zona de floresta  
26 tropical decídua úmida, os quais se enquadram o Município de São Paulo, discutido  
27 anteriormente quando se adotam os critérios de definição do IPCC (2006).

28  

---

<sup>29</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.6, Tabela 6.2, p.6.16 para nível médio.

**Tabela 3 – Dados das variáveis da biomassa**

Variável	Condição	Valor	Unidade
<b>Vegetação Natural</b>			
Razão entre a biomassa acima e abaixo do solo	Biomassa acima do solo <125t/ha	0,20	adimensional
Razão entre a biomassa acima e abaixo do solo	Biomassa acima do solo >125t/ha	0,24	adimensional
Fração de Carbono na matéria seca		0,47	tC/t d.m.
Biomassa acima do solo	Floresta tropical decídua úmida – América do Sul	220	t d.m./ha
Crescimento biomassa acima do solo	≤20anos	7	t d.m./ha.ano
Crescimento biomassa acima do solo	>20anos	2	t d.m./ha.ano
<b>Reflorestamento</b>			
Biomassa acima do solo	Floresta tropical decídua úmida	120	t d.m./ha

Fonte: IPCC, 2006<sup>30</sup>

Para as áreas de vegetação natural foi utilizado o valor padrão do IPCC (2006) para floresta tropical decídua úmida para a América do Sul. Entretanto, cabe ressaltar que segundo o IBGE (2004), em levantamento realizado para o Brasil, na escala de 1:5.000.000, o tipo de vegetação natural predominante na região do Município de São Paulo é a floresta ombrófila densa montana. O valor de carbono proposto pelo Inventário Nacional para este tipo de floresta é de 122,92 tC/ha. O valor apresentado pelo IPCC, na mesma base, corresponde a 128,22 tC/ha. Como não há dados detalhados das áreas para cada tipo de vegetação existente no Município, entende-se como apropriado a adoção dos fatores padrão do IPCC (2006).

Para as áreas de reflorestamento também foi adotado o valor proposto pelo IPCC (2006) para florestas tropicais decíduas úmidas reflorestadas ainda que existam valores propostos no Inventário Nacional para reflorestamento por espécies de pinus e eucaliptos. Para as áreas de parques, praças e rotatórias, que no presente inventário foram também agregadas nesta classe e onde há uma maior diversidade de espécies arbóreas que a encontrada em reflorestamentos padrão, também foi considerado mais adequado adotar o valor proposto pelo IPCC.

As estimativas de matéria orgânica morta nas florestas nativas e reflorestamento, quando mantidas na mesma categoria, assume-se que o sistema esteja em equilíbrio e então que as mudanças no estoque de carbono na matéria orgânica morta é nula, conforme IPCC. Para áreas

<sup>30</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.4, Tabela 4.3, p. 4.8; Tabela 4.4, p.4.49 e Tabela 4.7, p. 4.53.

1 que foram transformadas para florestas (reflorestamento) utiliza-se como fator de fonte de  
2 carbono de matéria orgânica morta o valor de 2,1 toneladas de carbono por hectare<sup>31</sup>, que refere-  
3 se ao valor padrão do IPCC (2006) para *litter* (correspondem à folhas, flores, frutos e pequenos  
4 galhos que caem das árvores). Nos fatores apresentados pelo guia do IPCC (2006), apenas os  
5 materiais orgânicos de até 10 centímetros de diâmetro sobre o solo, ou *litter*, são contabilizados.  
6 A madeira morta (maior que 10 centímetros de diâmetro) não possui fator de carbono devido às  
7 inconsistências encontradas nos modelos disponíveis.

8  
9 Para as estimativas de estoque de carbono no solo nas áreas de florestas nativas e de  
10 reflorestamento mantidas na mesma categoria, conforme a Equação 7, adotou-se como estoque  
11 de referência o valor padrão<sup>32</sup> de 47 toneladas de carbono por hectare, referente ao tipo de solo  
12 LAC de clima tropical úmido. Para os fatores de manejo ( $F_{LU}$ ), perturbação ( $F_{MG}$ ) e incorporação  
13 de carbono ( $F_I$ ) utilizou-se o valor 1,0<sup>33</sup> recomendado pelo IPCC (2006). Assim, a diferença de  
14 estoque de carbono nestas condições é nula. Os mesmos fatores são aplicados para áreas  
15 transformadas em florestas.

### 16 17 **3.2.5. Urbanização**

18  
19 De acordo com o IPCC (2006), as emissões ou remoções de GEE devido às áreas urbanizadas  
20 que foram mantidas nesta mesma categoria no período avaliado podem ser estimadas pela  
21 abordagem em que não se considera que existam mudanças no estoque de carbono pelo uso do  
22 solo desta categoria e desta forma não há emissões ou remoções de GEE. Outra opção de  
23 abordagem propõe duas formas de estimar as emissões e remoções dos GEE, sendo que a  
24 primeira considera a área de cobertura das copas das árvores na área urbanizada e a segunda  
25 considera o número de árvores plantadas de cada espécie.

26  
27 Como já apontado no item 2.1.1.1, na elaboração deste inventário de GEE do Município de São  
28 Paulo, optou-se por utilizar a primeira abordagem descrita frente aos dados disponíveis.

29  
30 A matéria orgânica morta em áreas urbanizadas é considerada nula. Assim, para áreas que se  
31 mantêm nesta categoria, a mudança no estoque é nula. Para áreas transformadas em urbanização,

---

<sup>31</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.2, Tabela 2.2, p.2.27 para *litter* de florestas do tipo *broadleaf deciduous* de clima tropical.

<sup>32</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.2, Tabela 2.3, p.2.31.

<sup>33</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.4, p.4.25, linha 5.

1 assume-se que o estoque de carbono da matéria orgânica morta anterior é removido e então  
2 considerado como emitido.

3  
4 Para as estimativas de carbono no solo de áreas urbanizadas, o IPCC (2006) considera como  
5 nulas as mudanças em áreas que foram mantidas na categoria. Para áreas transformadas em  
6 urbanização o IPCC (2006) indica o valor padrão<sup>34</sup> de 0,8 para os fatores de manejo ( $F_{LU}$ ),  
7 perturbação ( $F_{MG}$ ) e incorporação de carbono ( $F_I$ ). Esta consideração indica que 20% do carbono  
8 do solo disponível anteriormente é perdido com a alteração no uso da terra para urbanização.

### 10 3.2.6. Outras Áreas

11  
12 De acordo com as diretrizes do IPCC (2006) para esta categoria de uso da terra considera-se  
13 como zero o estoque de biomassa. Assim, as mudanças no estoque de carbono da biomassa  
14 quando a área é mantida na mesma categoria não são consideradas. Para as áreas alteradas para  
15 esta categoria, considera-se como removido o estoque de carbono presente antes da conversão.  
16 Para matéria orgânica morta e carbono no solo, é aplicada a mesma consideração.

## 19 3.3. PECUÁRIA

20  
21 Para estimar as emissões de GEE da pecuária, tanto da fermentação entérica quanto do manejo  
22 de dejetos, foi necessário utilizar a população pecuária existente no Município. A Tabela 4  
23 apresenta os dados da população pecuária no Município por tipo de animal para os anos de 2003  
24 a 2009.

26 **Tabela 4 – População animal no Município de São Paulo**

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(cabeças)						
Bovino para corte	100	100	150	150	150	150	150
Bovino para leite	560	562	220	360	360	-	-
Frangos	-	5.000	5.000	5.000	5.000	-	-
Suínos	-	3.000	3.500	3.000	6.000	6.000	1.500

27 Fonte: IEA, 2012

<sup>34</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.8, p.8.24, Seção 8.3.3.2, item (i)

Foram verificados também os dados de população animal reportado pelo IBGE (2012), entretanto os dados do IEA (Instituto de Economia Agrícola), apresentados na Tabela 4, são mais completos ao longo do período de avaliação do inventário.

Ressalta-se que os cavalos das hípcas e do Jockey Club, utilizados para esporte e lazer, não são considerados animais de criação pecuária, e por isso não aparecem na listagem do IEA nem do IBGE, não sendo contabilizados neste inventário. Além disso, em contato realizado com a Sociedade Hípica Paulista, constatou-se que os dejetos dos cavalos são recolhidos a cada dois dias e utilizado como adubo em áreas agrícolas fora do Município de São Paulo.

Além da população pecuária no Município, as emissões de CH<sub>4</sub> da fermentação entérica e do manejo de dejetos são estimadas utilizando-se fatores de emissão de CH<sub>4</sub> para cada situação, conforme apresentado pela Equação 8. Os fatores de emissão utilizados nestas estimativas foram os padrões do IPCC (2006), que são apresentados na Tabela 5 para cada criação pecuária encontrada no Município.

**Tabela 5 – Fatores de emissão de CH<sub>4</sub> da fermentação entérica e manejo de dejetos**

Tipo de Animal	Fator de emissão de CH <sub>4</sub> (kgCH <sub>4</sub> /cabeça/ano)
<b>Fermentação entérica</b>	
Bovino	56
Bovino para leite	72
Frango	ND
Suíno	1,0
<b>Manejo de dejetos</b>	
Bovino	1,0
Bovino para leite	1,0
Frango	0,02
Suínos	1,0

ND – Não Disponível (de acordo com IPCC (2006), os dados ainda são insuficientes para calcular um fator de emissão)

Fonte: IPCC, 2006<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Fonte: IPCC (2006), Fermentação entérica: V.4, Ch.10, Tabela 10.10 p. 10.28 e Tabela 10.11, p.10.29. Manejo de Dejetos: V.4, Ch.10, Tabela 10.14, p.10.38 e Tabela 10.15, p.10.40.

1 Para estimar as emissões diretas de N<sub>2</sub>O do setor da pecuária proveniente do manejo dos dejetos,  
 2 em combinação com a população pecuária são necessários dados de nitrogênio excretado por  
 3 animal, as frações de dejetos manejados por tipo de sistema e fatores de emissão de N<sub>2</sub>O para  
 4 cada tipo de manejo, conforme apresentado na Equação 9.

5  
 6 A Tabela 6 apresenta os valores padrões do IPCC (2006) de nitrogênio excretado para cada tipo  
 7 de animal e o peso de cada animal considerado para obter os dados de nitrogênio excretado em  
 8 kgN/animal.ano.

10 **Tabela 6 – Nitrogênio excretado por tipo de animal**

Tipo de animal	N excretado – $N_{ex}^{(1)}$ (kgN/1.000kg.Animal.ano)	Peso por animal (1.000kg/animal)
Bovino	131,4	0,400 <sup>(1)</sup>
Bovino para leite	175,2	0,400 <sup>(1)</sup>
Frango	299,3	0,002 <sup>(2)</sup>
Suíños	598,6	0,090 <sup>(3)</sup>

11 Fonte:

12 (1) IPCC, 2006<sup>36</sup>;

13 (2) AVISITE, 2012;

14 (3) ABCS, 2012

15  
 16 Para as frações de dejetos manejados por tipo de sistema adotou-se a premissa de que os sistemas  
 17 de manejo utilizados no Município seguem o mesmo padrão dos observados no Brasil e no  
 18 Estado de São Paulo, conforme MCT (2010b) e CETESB (2010), pois não foram encontradas  
 19 informações sobre o manejo de dejetos para o Município de São Paulo.

20  
 21 Os dados da fração de dejetos manejados por tipo de sistemas apresentados pelo MCT (2010b) e  
 22 CETESB (2010) são para os anos de 2003 a 2006, por falta de informações confiáveis do  
 23 comportamento de manejo dos dejetos para o período de 2007 a 2009 foi considerado que as  
 24 frações dos dejetos manejados permaneceram constantes desde 2006.

25  
 26 As frações de dejetos manejados por tipo de sistema, utilizados nas estimativas de emissões  
 27 diretas de N<sub>2</sub>O, são apresentadas na Tabela 7.

28

<sup>36</sup> Fonte: IPCC (2006), N excretado: V.4, Ch.10, Tabela 10.19, p.10.59. Peso por animal: V.4, Ch1.0, Tabela 10A.1, p.10.72 e Tabela 10A.2, p.10.74.

1

**Tabela 7 – Fração de dejetos manejados por tipo de sistema**

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(%)						
<b>Bovino para corte</b>							
Pastagem	91,88	91,88	91,88	91,88	91,88	91,88	91,88
Lagoa Anaeróbia	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Biodigestor	-	0,03	0,07	0,10	0,10	0,10	0,10
Outros	7,76	7,73	7,69	7,66	7,66	7,66	7,66
<b>Bovino para leite</b>							
Pastagem	88,23	88,23	88,23	88,23	88,23	88,23	88,23
Lagoa Anaeróbia	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Biodigestor	-	0,03	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08
Outros	11,14	11,11	11,09	11,06	11,06	11,06	11,06
<b>Frangos</b>							
Pastagem	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Lagoa Anaeróbia	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Esterqueira <30d	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68
Aviário com cama	73,01	73,01	73,01	73,01	73,01	73,01	73,01
Biodigestor	-	0,10	0,21	0,31	0,31	0,31	0,31
Outros	14,99	14,89	14,78	14,68	14,68	14,68	14,68
<b>Suínos</b>							
Lagoa Anaeróbia	13,27	13,27	13,27	13,27	13,27	13,27	13,27
Esterqueira <30d	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40	30,40
Esterqueira >30d	21,27	18,52	15,78	13,03	13,03	13,03	13,03
Biodigestor	-	1,90	3,81	5,71	5,71	5,71	5,71
Outros	35,06	35,91	36,74	37,59	37,59	37,59	37,59

2 Fonte: MCT, 2010b; CETESB, 2010

3

4 Para a categoria “Outros” dos dados de manejo de dejetos assumiu-se que se referiam, em grande  
5 parte, à compostagem em pilhas estáticas, manejo comumente utilizado no Brasil. Por isto,  
6 adotou-se o fator de emissão para este tipo de manejo como sendo o adequado à categoria  
7 Outros. Esta premissa foi adotada com base na análise da Tabela 10.18 do IPCC (2006)<sup>37</sup>, que  
8 define os diferentes sistemas de manejo de dejetos, e verificando-se por exclusão que o sistema  
9 mais apropriado, considerando-se as características da criação pecuária no Brasil, seria o da  
10 compostagem em pilhas estáticas.

<sup>37</sup> IPCC (2006), V.4, Ch.10, p.10.49, Tabela 10.18

1  
2 Os fatores de emissão de N<sub>2</sub>O por tipo de sistema de manejo e a descrição de cada sistema  
3 considerado neste inventário são apresentados na  
4 Tabela 8.

6 **Tabela 8 – Fator de emissão e tipos de sistema de manejo**

Sistema de manejo	Fator de emissão (kgN <sub>2</sub> O-N/kgN)	Descrição do sistema
Pastagem	-	Dejetos excretados nos pastos não são considerados na pecuária, estas emissões são consideradas no manejo dos solos agrícolas.
Lagoa Anaeróbia	0	Utilizadas para armazenar e estabilizar os dejetos, o tempo de permanência dos dejetos nas lagoas pode variar.
Biodigestor	0	Utilizados para estabilização dos dejetos por meio de micro-organismos que transformam os compostos orgânicos em CO <sub>2</sub> e CH <sub>4</sub> .
Esterqueira	0,002	Coleta e armazenamento dos dejetos sob o local de confinamento dos animais
Aviário com cama	0,001	Os dejetos são excretados no chão, comumente utilizado na criação de aves.
Compostagem – pilha estática	0,006	Compostagem em pilhas com aeração forçada mas sem mistura

7 Fonte: Tradução livre - IPCC, 2006<sup>38</sup>

8  
9 Para estimar as emissões indiretas de N<sub>2</sub>O foram utilizados, além dos dados apresentados  
10 anteriormente, a fração de nitrogênio volatilizado e o fator de emissão de N<sub>2</sub>O devido à  
11 volatilização e deposição de nitrogênio, conforme apresentado na Equação 10 da página 21.

12  
13 Os dados utilizados foram os valores padrão do IPCC (2006). Para o fator de emissão (FE<sub>4</sub>)<sup>39</sup>, o  
14 valor aplicado nos cálculos foi de 0,010 kgN<sub>2</sub>O-N/kgNvolatilizado e para a fração de nitrogênio  
15 volatilizado os dados são apresentados na Tabela 9 para cada tipo de animal e sistema de manejo.

<sup>38</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.10, Tabela 10.21, p.10.62.

**Tabela 9 – Fração de N volatilizado (Frac<sub>GASM</sub>)**

Tipo de Animal	Sistema de manejo	N Volatilizado (%)
Bovino	Lagoa Anaeróbia	35%
Bovino para leite	Lagoa Anaeróbia	35%
	Esterqueira	28%
Frangos	Lagoa Anaeróbia	40%
	Aviário c/Cama	40%
Suínos	Lagoa Anaeróbia	40%
	Esterqueira	25%

Nota: São apresentados nesta tabela apenas os dados da fração de nitrogênio volatilizado para os tipos de animais e sistemas de manejo observados no Município.

Fonte: IPCC, 2006<sup>40</sup>

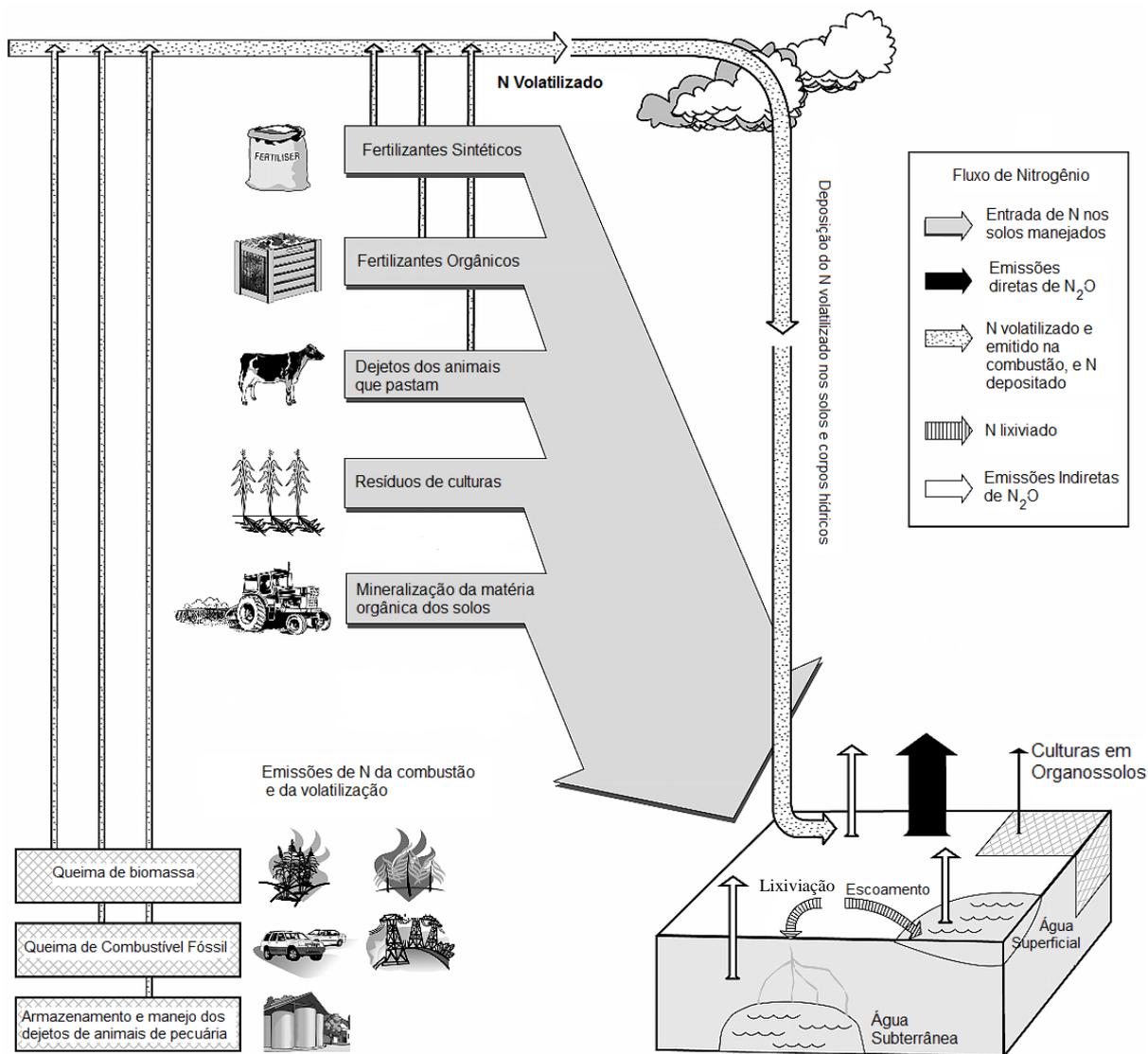
### 3.4. SOLOS AGRÍCOLAS

#### 3.4.1. Emissões do Manejo dos solos

As emissões de N<sub>2</sub>O do manejo dos solos podem ser diretas ou indiretas, para ilustrar a dinâmica dessas emissões é apresentado o fluxograma da Figura 12.

<sup>39</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.24, Tabela 11.3 – EF<sub>4</sub>

<sup>40</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.10, Tabela 10.22, p.10.65: para Bovino e Bovino para leite: *Dairy Cow – Anaerobic lagoon e pit storage*; para Frangos: *Poultry – Anaerobic lagoon e Poultry with litter*; para Suínos: *Swine – Anaerobic lagoon e Pit storage*



1  
 2 Fonte: IPCC, 2006<sup>41</sup>  
 3 **Figura 12 – Fontes de emissão direta e indireta de  $N_2O$**   
 4

5 Para as emissões de  $N_2O$  do manejo dos solos agrícolas da aplicação de fertilizantes sintéticos foi  
 6 necessário estimar as quantidades de fertilizantes no Município de São Paulo a partir de dados do  
 7 Estado de São Paulo, pois não foram encontrados dados de consumo de fertilizantes para o  
 8 Município.

9  
 10 Apesar de o Estado de São Paulo possuir uma área agrícola composta por grandes propriedades  
 11 de terra em sua maioria caracterizada pela prática da agroindústria, o Município não tem vocação  
 12 agrícola comparável com o Estado por possuir em seu território poucas propriedades produtivas  
 13 e em sua maioria pequenas áreas, basicamente de agricultores familiares com produção de

<sup>41</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.8, Figura 11.1

1 olerícolas de baixa intensidade. Este cenário resulta em uma utilização diferenciada em relação  
 2 ao uso de fertilizantes. No entanto, na ausência de dados municipais, a estimativa mais viável  
 3 encontrada foi determinar a quantidade de fertilizantes consumidos no Município com base nos  
 4 dados do Estado de São Paulo.

5  
 6 Nesta estimativa foi considerado o consumo aparente<sup>42</sup> de fertilizantes sintéticos no Estado de  
 7 São Paulo, a área agrícola do Estado e do Município para cada ano e a proporção de nitrogênio  
 8 nestes fertilizantes. Estes dados são apresentados na Tabela 10.

10 **Tabela 10 – Área Agrícola e Consumo de fertilizantes**

Ano	Área Agrícola no Estado SP <sup>(1)</sup> (hectare)	Área Agrícola no Município de São Paulo (hectare)	Consumo Fertilizante no Estado SP <sup>(2)</sup> (t)	Porcentagem de N nos fertilizantes <sup>(2)</sup> (%)
2003	6.163.787	4.018,94	2.953.836**	11**
2004	6.449.750	4.018,23*	3.090.876	10
2005	6.714.851	4.017,51*	3.102.492	11
2006	7.006.351	4.016,80*	3.539.671	11
2007	7.156.982	4.016,09*	3.848.884	11
2008	7.767.547	4.015,37*	3.259.865	11
2009	7.860.095	4.014,66	3.112.221	11

11 \* As áreas agrícolas do Município de São Paulo para os anos de 2004 a 2008 foram estimadas por regressão linear a  
 12 partir dos dados de 2003 e 2009, que foram obtidos pela análise das imagens de satélite.

13 \*\* Os dados de 2003 do consumo de fertilizante e da porcentagem de N nos fertilizantes foram estimados pela  
 14 média dos dados dos anos seguintes.

15 Fonte:

16 <sup>(1)</sup> IEA, 2012;

17 <sup>(2)</sup> IPNI, 2012

18  
 19 De posse dos dados da área agrícola do Estado de São Paulo de cada ano e o do consumo  
 20 aparente anual de fertilizantes minerais no Estado, foi possível obter uma média da massa de  
 21 fertilizante aplicado por hectare. Aplicou-se essa média para a área agrícola anual do Município,  
 22 obtendo-se a quantidade estimada de fertilizante mineral aplicada dentro do Município. A partir  
 23 deste valor obteve-se a quantidade de nitrogênio aplicado de acordo com a porcentagem de  
 24 nitrogênio presente nos fertilizantes. Estes valores são apresentados na Tabela 11.

<sup>42</sup> Consumo aparente: considera-se que o fertilizante comercializado em um ano é consumido em sua totalidade neste mesmo ano, não sendo considerados estoques eventualmente remanescentes de um ano para o outro.

Tabela 11 – Fertilizante aplicado no Município

Ano	Média de fertilizante aplicado por área (t/ha)	Consumo estimado de fertilizantes no Município (t)	Nitrogênio aplicado nas áreas agrícolas no Município (t)
2003	0,48	1.925,98	209
2004	0,48	1.925,63	193
2005	0,46	1.856,23	204
2006	0,51	2.029,32	223
2007	0,54	2.159,77	238
2008	0,42	1.685,16	185
2009	0,40	1.589,61	175

O fator de emissão para fertilizantes minerais aplicados é de 0,01 kgN<sub>2</sub>O-N/kgN, conforme recomendação do IPCC (2006)<sup>43</sup>.

Quando da emissão direta por dejetos de animais excretados diretamente nas pastagens, o fator de emissão de N<sub>2</sub>O-N utilizado é de 0,02 kgN<sub>2</sub>O-N/kgN, conforme o IPCC (2006)<sup>44</sup>. Os demais dados utilizados para quantificar estas emissões foram apresentadas anteriormente nas Tabela 4 (população animal no Município), Tabela 6 (nitrogênio excretado por tipo de animal) e Tabela 7 (fração de dejetos manejados por tipo de sistema) do item 3.3 Pecuária.

Em relação às emissões decorrentes da aplicação de nitrogênio orgânico no solo, dados específicos de manejo são requeridos. No entanto esses dados não foram encontrados. Além disso, durante o manejo dos dejetos e de resíduos é contabilizada as emissões de N<sub>2</sub>O, o que poderia gerar dupla contagem sem dados mais detalhados. Neste sentido, não foram contabilizadas estas emissões provenientes da aplicação de nitrogênio orgânico no solo.

Para estimar as emissões indiretas de N<sub>2</sub>O do manejo dos solos agrícolas foram utilizados os fatores padrão do IPCC (2006), apresentados na Tabela 12.

<sup>43</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.11, Tabela 11.1 – *EF<sub>1</sub> for N additions from mineral fertilisers, organic amendments and crop residues, and N mineralised from mineral soil as a result of loss of soil carbon.*

<sup>44</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.11, Tabela 11.1 – *EF<sub>3PRP, CPP</sub> for cattle (dairy, non-dairy and buffalo), poultry and pigs.*

**Tabela 12 – Fatores para as emissões indiretas dos solos agrícolas**

Fator	Valor	Unidade
FE <sub>4</sub>	0,01	kgN <sub>2</sub> O-N/kgN <sub>volatilizado</sub>
Frac <sub>GASF</sub>	0,10	kgN <sub>volatilizado</sub> /kgN
Frac <sub>GASM</sub>	0,20	kgN <sub>volatilizado</sub> /kgN
FE <sub>5</sub>	0,0075	kgN <sub>2</sub> O-N/kgN <sub>lixiviado</sub>
Frac <sub>L</sub>	0,30	kgN <sub>lixiviado</sub> /kgN

Fonte: IPCC, 2006<sup>45</sup>

Há ainda as emissões de nitrogênio das áreas de plantação de arroz de várzea por inundação, consideradas pelo IPCC (2006). Entretanto, não foi observado esse tipo de cultura no Município (IEA, 2012).

### 3.4.2. Emissões da aplicação de cal e ureia

Para estimar as emissões de CO<sub>2</sub> da calagem, por falta de dados municipais, os dados de consumo de calcário no Município tiveram que ser estimados. A estimativa foi realizada seguindo o mesmo raciocínio do consumo de fertilizante sintético no Município, a partir do consumo aparente do Estado de São Paulo.

A Tabela 13 apresenta os dados utilizados para estimar o consumo de calcário no Município de São Paulo para o período de 2003 a 2009.

**Tabela 13 – Área agrícola e consumo de calcário**

Ano	Área Agrícola do Estado SP (hectare)	Área Agrícola do Município de São Paulo (hectare)	Consumo aparente de calcário no Estado de SP (1.000t)
2003	6.163.786,97	4.018,94	3.843,0
2004	6.449.750,12	4.018,23	3.015,9
2005	6.714.851,38	4.017,51	3.353,9
2006	7.006.350,88	4.016,80	4.101,3
2007	7.156.981,69	4.016,09	4.237,9
2008	7.767.547,29	4.015,37	3.322,0
2009	7.860.095,46	4.014,66	3.645,7*

\* O consumo aparente do ano de 2009 foi estimado pela média do consumo dos anos anteriores, pois não estava disponível na época de elaboração do inventário.

Fonte: IEA, 2012; ABRACAL, 2012

<sup>45</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, Tabela 11.3, p.11.24.

1 A partir dos dados apresentados na Tabela 13 foi calculada a quantidade média de calcário  
 2 aplicada por hectare no Estado de São Paulo. Mantendo-se esta proporção de aplicação para o  
 3 Município obteve-se o consumo estimado de calcário. Estes dados são apresentados na Tabela  
 4 14.

6 **Tabela 14 – Consumo de calcário no Município**

Ano	Consumo de calcário por hectare no Estado de SP (t/ha)	Consumo estimado de calcário no Município de São Paulo (t)
2003	0,623	2.506
2004	0,468	1.879
2005	0,499	2.007
2006	0,585	2.351
2007	0,592	2.378
2008	0,428	1.717
2009	0,464	1.862

7  
 8 Conforme o IPCC (2006), a aplicação de calcário tem em média uma emissão<sup>46</sup> de 0,12  
 9 toneladas de carbono por tonelada de calcário.

10  
 11 O cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> devidas à aplicação de ureia foi baseado nos dados estimados de  
 12 ureia consumida no município, a partir do perfil de consumo de fertilizantes no Brasil, pois  
 13 dados municipais e estaduais não estavam disponíveis. De acordo com os dados no IPNI (2012),  
 14 entre janeiro e maio de 2008, a porcentagem de ureia consumida no Brasil dentre os fertilizantes  
 15 nitrogenados foi de 49,2%. Dentre o total de fertilizantes aplicados no período, a ureia  
 16 representou 10,0%. Esta porcentagem foi mantida para o Município de São Paulo para o período  
 17 de 2003 a 2009, frente à indisponibilidade de dados. Desta forma obteve-se a quantidade de ureia  
 18 consumida em relação com o total de fertilizantes utilizados no Município, esses dados são  
 19 apresentados na Tabela 15.

20

<sup>46</sup> Fonte: IPCC (2006), V.4, Ch.11, p.11.29 – 11.3.2 *Choice of emission factors: Tier 1*

1 **Tabela 15 – Consumo aparente de ureia no Município**

Ano	Consumo de Fertilizantes no Município (t)	Estimativa de ureia utilizada no Município (t)
2003	1.926	193
2004	1.926	193
2005	1.856	186
2006	2.029	203
2007	2.160	216
2008	1.685	169
2009	1.590	159

2

CONSULTA PÚBLICA

## 1 4. RESULTADOS

2

3 A seguir, os resultados do setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos são apresentados  
4 separadamente para cada subsetor (Uso da Terra, Pecuária e Solos Agrícolas) e em sua  
5 totalidade.

6

### 7 4.1. SUBSETOR USO DA TERRA

8

9 Para estimar as emissões e remoções de CO<sub>2</sub> devido ao uso da terra no Município de São Paulo,  
10 seguindo a metodologia do IPCC (2006), foi quantificada a variação dos estoques de carbono na  
11 biomassa, na matéria orgânica morta e do carbono do solo para cada alteração entre categorias de  
12 uso da terra observado no Município. Esses resultados são apresentados na Tabela 16.

13

14

**Tabela 16 – Variação dos estoques de C**

Uso em 2003	Uso em 2009	Variação de Biomassa (tC)	Variação de Mat. Org. Morta (tC)	Variação de Carbono no Solo (tC)
Agricultura	Agricultura	0	0,0	0
Agricultura	Urbanização	-153	0,0	-41
Agricultura	Campo antrópico	29	0,0	2
Agricultura	Reflorestamento	0	0,0	0
Água	Água	0	0,0	0
Água	Urbanização	0	0,0	0
Água	Campo antrópico	0	0,0	0
Água	Reflorestamento	0	0,0	0
Urbanização	Urbanização	0	0,0	0
Urbanização	Agricultura	16	0,0	21
Urbanização	Campo antrópico	290	0,0	262
Urbanização	Reflorestamento	27	0,9	19
Campo antrópico	Campo antrópico	0	0,0	0
Campo antrópico	Agricultura	-56	0,0	-4
Campo antrópico	Urbanização	-4.080	0,0	-737
Campo antrópico	Reflorestamento	303	41,5	28
Campo antrópico	Outras áreas	-217	0,0	-196
Reflorestamento	Reflorestamento	33.097	0,0	0
Reflorestamento	Agricultura	-256	-8,6	-2
Reflorestamento	Urbanização	-3.745	-116,2	-78
Reflorestamento	Campo antrópico	-9.508	-332,1	-33
Reflorestamento	Outras áreas	-858	-26,6	-89

Uso em 2003	Uso em 2009	Variação de Biomassa (tC)	Variação de Mat. Org. Morta (tC)	Variação de Carbono no Solo (tC)
Vegetação natural	Vegetação natural	0	0,0	0
Vegetação natural	Agricultura	-1.029	-17,5	-3
Vegetação natural	Urbanização	-8.506	-139,3	-94
Vegetação natural	Campo antrópico	-12.381	-215,5	-22
Vegetação natural	Reflorestamento	0	0,0	0
Vegetação natural	Outras áreas	-655	-10,7	-36
Outras áreas	Outras áreas	0	0,0	0
Outras áreas	Urbanização	0	0,0	0
Outras áreas	Campo antrópico	25	0,0	22
Variação de Carbono (tC)		-7.656	-824	-981

1

2 A partir destas variações nos estoques de carbono entre os anos de 2003 e 2009, as emissões e  
 3 remoções de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) devido ao uso da terra foram estimadas conforme  
 4 apresentado na Equação 1. Estas emissões e remoções pelo uso da terra são apresentadas na  
 5 Tabela 17.

6

7

**Tabela 17 – Emissões e remoções de CO<sub>2</sub> do uso da terra**

Uso em 2003	Uso em 2009	Emissão CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	Remoção CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	Variação CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )
Agricultura	Agricultura	0	0,0	0
Agricultura	Urbanização	712	0	712
Agricultura	Campo antrópico	0	-113	-113
Agricultura	Reflorestamento	0	0	0
Água	Água	0	0	0
Água	Urbanização	0	0	0
Água	Campo antrópico	0	0	0
Água	Reflorestamento	0	0	0
Urbanização	Urbanização	0	0	0
Urbanização	Agricultura	0	-137	-137
Urbanização	Campo antrópico	0	-2.026	-2.026
Urbanização	Reflorestamento	0	-172	-172
Campo antrópico	Campo antrópico	0	0	0
Campo antrópico	Agricultura	222	0	222
Campo antrópico	Urbanização	17.663	0	17.663
Campo antrópico	Reflorestamento	0	-1.365	-1.365
Campo antrópico	Outras áreas	1.516	0	1.516
Reflorestamento	Reflorestamento	0	-121.357	-121.357
Reflorestamento	Agricultura	976	0	976

Uso em 2003	Uso em 2009	Emissão CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	Remoção CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )	Varição CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )
Reflorestamento	Urbanização	14.444	0	14.444
Reflorestamento	Campo antrópico	36.202	0	36.202
Reflorestamento	Outras áreas	3.570	0	3.570
Vegetação natural	Vegetação natural	0	0	0
Vegetação natural	Agricultura	3.851	0	3.851
Vegetação natural	Urbanização	32.041	0	32.041
Vegetação natural	Campo antrópico	46.266	0	46.266
Vegetação natural	Reflorestamento	0	0	0
Vegetação natural	Outras áreas	2.572	0	2.572
Outras áreas	Outras áreas	0	0	0
Outras áreas	Urbanização	0	0	0
Outras áreas	Campo antrópico	0	-171	-171
Variação de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> )		160.033	-125.343	34.691

1

2 Dentre as emissões de CO<sub>2</sub>, a Tabela 18 apresenta as categorias de uso da terra ordenadas  
3 conforme o montante de emissões promovidas.

4

5

**Tabela 18 – Principais Emissões de CO<sub>2</sub>**

Uso em 2003	Uso em 2009	Emissão (tCO <sub>2</sub> )
Vegetação natural	Campo antrópico	46.266
Reflorestamento	Campo antrópico	36.202
Vegetação natural	Urbanização	32.041
Campo antrópico	Urbanização	17.663
Reflorestamento	Urbanização	14.444
Vegetação natural	Agricultura	3.851
Reflorestamento	Outras áreas	3.570
Vegetação natural	Outras áreas	2.572
Campo antrópico	Outras áreas	1.516
Reflorestamento	Agricultura	976
Agricultura	Urbanização	712
Campo antrópico	Agricultura	222
Emissão Total (tCO <sub>2</sub> )		160.033

6

7 Conforme apresentado na Tabela 18, a remoção da vegetação natural é responsável pela maior  
8 parte das emissões de CO<sub>2</sub> no período avaliado.

9

10 A Tabela 19 apresenta as categorias de uso da terra ordenadas conforme as remoções de CO<sub>2</sub>.

11

Tabela 19 – Principais Remoções de CO<sub>2</sub>

Uso em 2003	Uso em 2009	Remoção (tCO <sub>2</sub> )
Reflorestamento	Reflorestamento	-121.357
Urbanização	Campo antrópico	-2.026
Campo antrópico	Reflorestamento	-1.365
Urbanização	Reflorestamento	-172
Outras áreas	Campo antrópico	-171
Urbanização	Agricultura	-137
Agricultura	Campo antrópico	-113
Remoção Total (tCO <sub>2</sub> )		-125.343

As áreas mantidas como reflorestamento, principal fonte de remoção, mantém seu ritmo de crescimento e promovendo a remoção de CO<sub>2</sub> da atmosfera. Entretanto, as emissões de GEE por remoção da vegetação nativa são maiores, resultando em uma emissão líquida de 34.691 toneladas de gás carbônico.

#### 4.2. SUBSETOR PECUÁRIA

As emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) do subsetor da pecuária no Município de São Paulo são apresentadas a seguir, desagregadas por fonte de emissão: fermentação entérica e manejo de dejetos.

A fermentação entérica dos animais tem como subproduto a emissão de CH<sub>4</sub>. Estas emissões foram estimadas seguindo a metodologia do IPCC (2006), conforme apresentado na Equação 8. A Tabela 20 apresenta os resultados das emissões de CH<sub>4</sub> provenientes da fermentação entérica dos animais observados no Município de São Paulo para o período de 2003 a 2009.

Tabela 20 - Emissão de CH<sub>4</sub> da Fermentação entérica

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCH <sub>4</sub> /ano)						
Bovino para corte	6	6	8	8	8	8	8
Bovino para leite	40	40	16	26	26	-	-
Suínos	-	3	4	3	6	6	2
Total	46	49	28	37	40	14	10

1 Os dejetos dos animais são fonte de emissão de CH<sub>4</sub> e de N<sub>2</sub>O, de acordo com as diretrizes do  
2 IPCC (2006), estas emissões foram estimadas neste inventário e são apresentadas a seguir.

3  
4 As emissões de CH<sub>4</sub> provenientes dos dejetos dos animais foram estimadas para cada tipo de  
5 rebanho observado no Município. Estes resultados são apresentados na Tabela 21.

6  
7 **Tabela 21 – Emissão de CH<sub>4</sub> dos dejetos dos animais**

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCH <sub>4</sub> /ano)						
Bovino para corte	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Bovino para leite	0,56	0,56	0,22	0,36	0,36	-	-
Frangos	-	0,10	0,10	0,10	0,10	-	-
Suínos	-	3,00	3,50	3,00	6,00	6,00	1,50
<b>Total</b>	<b>0,66</b>	<b>3,76</b>	<b>3,97</b>	<b>3,61</b>	<b>6,61</b>	<b>6,15</b>	<b>1,65</b>

8  
9 As emissões diretas de N<sub>2</sub>O dos dejetos dos animais foram estimadas para cada rebanho, de  
10 acordo com o tipo de manejo do dejetos. Estes resultados são apresentados na Tabela 22.

11  
12 **Tabela 22 – Emissão direta de N<sub>2</sub>O do manejo dos dejetos**

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN <sub>2</sub> O/ano)						
Bovino para corte	0,004	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Bovino para leite	0,041	0,041	0,016	0,026	0,026	-	-
Frangos	-	0,008	0,008	0,008	0,008	-	-
Suínos	-	0,796	0,927	0,793	1,587	1,587	0,397
<b>Total</b>	<b>0,045</b>	<b>0,849</b>	<b>0,957</b>	<b>0,834</b>	<b>1,627</b>	<b>1,593</b>	<b>0,402</b>

13  
14 As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O do manejo dos dejetos por volatilização foram estimadas para cada  
15 rebanho considerando-se os tipos de manejo dos dejetos. As estimativas dessas emissões são  
16 apresentadas na Tabela 23.

17

**Tabela 23 – Emissão indireta de N<sub>2</sub>O do manejo de dejetos**

Animal	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN <sub>2</sub> O/ano)						
Bovino para corte	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Bovino para leite	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-
Frangos	-	0,014	0,014	0,014	0,014	-	-
Suíños	-	0,445	0,499	0,411	0,821	0,821	0,205
<b>Total</b>	<b>0,001</b>	<b>0,461</b>	<b>0,514</b>	<b>0,425</b>	<b>0,836</b>	<b>0,821</b>	<b>0,205</b>

As emissões totais de N<sub>2</sub>O do manejo de dejetos são apresentadas na Tabela 24.

**Tabela 24 – Emissões totais de N<sub>2</sub>O do manejo de dejetos**

Emissão total de N <sub>2</sub> O	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN <sub>2</sub> O/ano)						
Bovino para corte	0,004	0,004	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Bovino para leite	0,043	0,043	0,017	0,027	0,027	-	-
Frangos	-	0,022	0,022	0,022	0,022	-	-
Suíños	-	1,241	1,426	1,204	2,408	2,408	0,602
<b>Total</b>	<b>0,047</b>	<b>1,310</b>	<b>1,471</b>	<b>1,259</b>	<b>2,463</b>	<b>2,414</b>	<b>0,608</b>

### 4.3. SUBSETOR SOLOS AGRÍCOLAS

O manejo dos solos agrícolas pode contribuir com as emissões de N<sub>2</sub>O, devido à aplicação de fertilizantes no solo, e de CO<sub>2</sub>, devido à aplicação de cal e ureia no solo. Estas emissões são apresentadas a seguir.

As emissões de N<sub>2</sub>O provenientes dos solos agrícolas são estimadas de acordo com a quantidade de fertilizantes minerais aplicados no solo e dos dejetos de animais que pastam, que são excretados diretamente no solo. A Tabela 25 apresenta as emissões de N<sub>2</sub>O-N<sup>47</sup> da aplicação dos fertilizantes minerais e dos dejetos de animais que pastam e as emissões diretas em N<sub>2</sub>O para o Município, das fontes citadas.

<sup>47</sup> Quantidade de Nitrogênio que se converte

1 **Tabela 25 – Emissões diretas de N<sub>2</sub>O dos solos agrícolas**

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Emissão de N <sub>2</sub> O-N da aplicação de fertilizantes (tN <sub>2</sub> O-N)	2,09	1,93	2,04	2,23	2,38	1,85	1,75
Emissão de N <sub>2</sub> O-N de dejetos de animais de que pastam (tN <sub>2</sub> O-N)	0,79	0,79	0,42	0,59	0,59	0,14	0,14
Emissão direta de N <sub>2</sub> O (tN <sub>2</sub> O)	4,52	4,27	3,87	4,44	4,66	3,14	2,98

2

3 As emissões indiretas de N<sub>2</sub>O ocorrem de duas formas:

- 4 • por meio da deposição do nitrogênio volatilizado em forma de amônia e óxidos de  
5 nitrogênio;
- 6 • por meio do nitrogênio lixiviado do solo.

7

8 A emissão devida à deposição do nitrogênio volatilizado é estimada de acordo com a quantidade  
9 de nitrogênio aplicado no solo devido aos fertilizantes e aos dejetos de animais que pastam. As  
10 emissões de N<sub>2</sub>O-N utilizadas para estimar as emissões indiretas por volatilização nos solos  
11 agrícolas são apresentadas na Tabela 26.

12

13 **Tabela 26 - Emissão de N<sub>2</sub>O-N dos solos agrícolas por volatilização**

Ano	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Emissão de N <sub>2</sub> O-N da aplicação de fertilizantes (tN <sub>2</sub> O-N)	20,86	19,26	20,42	22,32	23,76	18,54	17,49
Emissão de N <sub>2</sub> O-N de dejetos de animais que pastam (tN <sub>2</sub> O-N)	0,13	0,13	0,07	0,10	0,10	0,03	0,03

14

15 As emissões indiretas por volatilização e por lixiviação dos solos agrícolas são apresentadas na  
16 Tabela 27.

17

**Tabela 27 - Emissão indireta de N<sub>2</sub>O dos solos agrícolas**

Emissão	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN <sub>2</sub> O)						
Emissão por volatilização	0,330	0,305	0,322	0,352	0,375	0,292	0,275
Emissão por lixiviação	0,010	0,009	0,008	0,010	0,010	0,007	0,007
Emissão indireta TOTAL	0,340	0,314	0,330	0,362	0,385	0,299	0,282

As emissões totais de N<sub>2</sub>O dos solos agrícolas do Município de São Paulo são apresentadas na Tabela 28.

**Tabela 28 – Emissões totais de N<sub>2</sub>O dos solos agrícolas**

Emissão de N <sub>2</sub> O	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tN <sub>2</sub> O)						
Emissões diretas	4,52	4,27	3,87	4,44	4,66	3,14	2,98
Emissões indiretas	0,34	0,31	0,33	0,36	0,39	0,30	0,28
Emissões totais	4,86	4,59	4,20	4,80	5,05	3,44	3,26

As emissões de CO<sub>2</sub> dos solos agrícolas ocorrem devido à calagem e a aplicação da ureia no solo. A Tabela 29 apresenta as estimativas de emissão de CO<sub>2</sub> devido ao manejo dos solos agrícolas no Município de São Paulo.

**Tabela 29 - Emissão de CO<sub>2</sub> da calagem e aplicação de ureia**

Emissão	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO <sub>2</sub> )						
Emissão da Calagem	1.103	827	883	1.035	1.046	756	819
Emissão da aplicação de Ureia	141	141	136	149	158	124	117
Emissão Total	1.244	968	1.019	1.183	1.205	879	936

#### 4.4. TOTAL DAS EMISSÕES E REMOÇÕES DO SETOR

O balanço das emissões e remoções provenientes do subsetor Uso da Terra foi estimado como um todo para o período de 2003 a 2009, totalizando uma emissão de 34.691 tCO<sub>2</sub>e. Para compor um valor anual e considerando que essas emissões e remoções foram constantes ao longo do

1 período, dividiu-se o valor total pelo período avaliado, considerando as datas das imagens. A  
 2 imagem referente ao ano de 2003 foi registrada no mês de outubro e a imagem de 2009 foi  
 3 registrada no mês de setembro. Assim, as emissões são referentes a um período de 6 anos e então  
 4 o total das emissões foi dividido por este período, resultando em uma emissão média anual de  
 5 5.782 tCO<sub>2</sub>e.

6  
 7 As emissões totais dos subsetores Pecuária e Solos Agrícolas são apresentadas por atividade para  
 8 cada GEE emitido. Estes resultados são apresentados na Tabela 30.

10 **Tabela 30 – Emissões de GEE dos subsetores Pecuária e Solos Agrícolas**

Subsetor	Atividade	Unidade	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pecuária	Fermentação entérica	tCH <sub>4</sub>	46	49	28	37	40	14	10
	Dejetos	tCH <sub>4</sub>	0,7	3,8	4,0	3,6	6,6	6,2	1,7
	Dejetos	tN <sub>2</sub> O	<0,1	1,3	1,5	1,3	2,5	2,4	0,6
Solos Agrícolas	Fertilizantes	tN <sub>2</sub> O	4,9	4,6	4,2	4,8	5,1	3,4	3,3
	Calagem	tCO <sub>2</sub>	1.103	827	883	1.035	1.046	756	819
	Ureia	tCO <sub>2</sub>	141	141	136	149	158	124	117

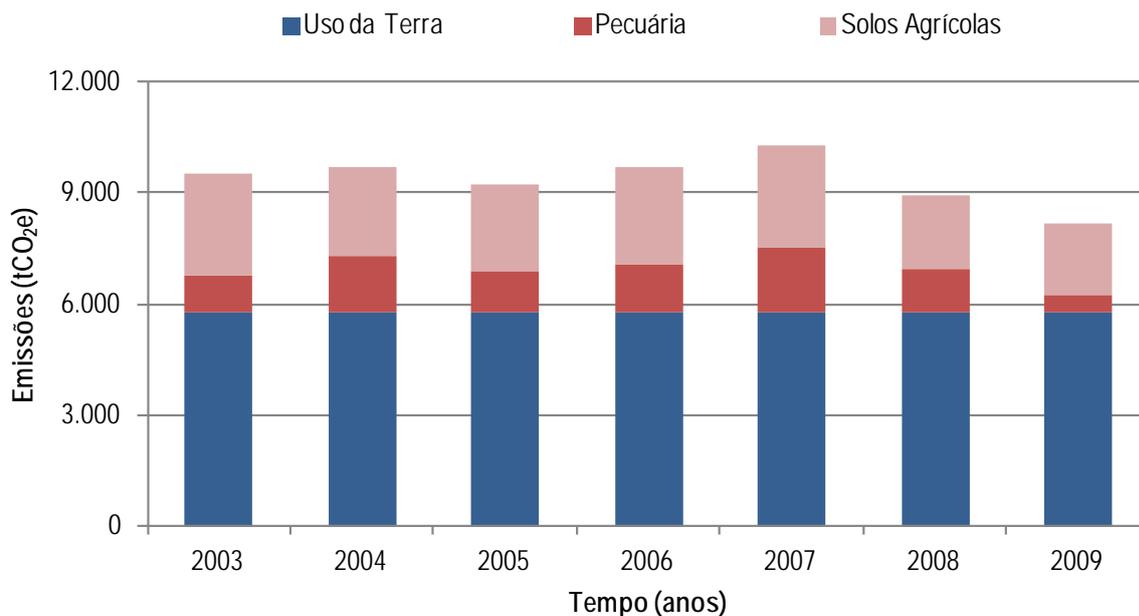
11  
 12 Utilizando-se os potenciais de aquecimento global (PAG), de 21 CO<sub>2</sub>e para cada unidade  
 13 mássica de metano e de 310 CO<sub>2</sub>e para o óxido nitroso, foram obtidas as emissões totais dos  
 14 subsetores Pecuária e Solos Agrícolas em CO<sub>2</sub>e. Estes resultados são apresentados na Tabela 31.

16 **Tabela 31 – Emissões do setor AFOLU**

Subsetor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(tCO <sub>2</sub> e)						
Pecuária	993	1.515	1.122	1.250	1.749	1.180	431
Solos Agrícolas	2.750	2.390	2.320	2.672	2.770	1.945	1.946
Uso da Terra*	5.782	5.782	5.782	5.782	5.782	5.782	5.782
Total	9.524	9.687	9.224	9.703	10.301	8.907	8.158

17 \* estimativa média anual a partir da variação entre 2003 e 2009.

18  
 19 A Figura 13 apresenta as emissões totais de GEE por atividade deste setor, utilizando-se a  
 20 métrica PAG. As emissões do subsetor Uso da Terra foram consideradas com o valor da média  
 21 anual das emissões líquidas.



**Figura 13 – Emissão total de GEE por subsetor**

No período analisado é notável que a principal fonte de emissão de GEE deste setor está relacionada com as mudanças nos usos da terra, devido à remoção das áreas de florestas para outras categorias de uso da terra.

A Tabela 32 indica a composição anual das emissões do setor AFOLU. Deve-se ressaltar que as emissões de uso da terra partem de uma média do período.

**Tabela 32 – Composição anual das emissões do setor AFOLU**

Subsetor	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	(% do total de emissões de tCO <sub>2</sub> e)						
Uso da Terra	61%	60%	63%	60%	56%	65%	71%
Pecuária	10%	16%	12%	13%	17%	13%	5%
Solos Agrícolas	29%	25%	25%	28%	27%	22%	24%

## 1 5. INCERTEZAS

2

3 O inventário de emissões e remoções de GEE do setor AFOLU apresenta um grande número de  
4 fontes de incertezas, as quais estão apontadas e discutidas de acordo com cada subsetor.

5

6 As emissões e remoções de CO<sub>2</sub> provenientes do uso da terra foram estimadas baseando-se na  
7 “abordagem 2” do IPCC (2006) que contabiliza emissões e remoções das áreas que se  
8 mantiveram na mesma categoria e das áreas que sofreram transformação de uma categoria de uso  
9 para outra, por tipo de categoria. De acordo com IPCC (2006), quanto maior o grau da  
10 abordagem maior o número de fontes com potencial de incerteza, mas isso não implica no  
11 aumento da incerteza. Ao contrário, normalmente estas incertezas são reduzidas devido ao  
12 cancelamento de erros. Assim, a abordagem adotada neste inventário de GEE do Município de  
13 São Paulo, apesar de um número mais elevado de fatores envolvidos e suas incertezas, possui  
14 maior assertividade que a abordagem adotada no primeiro estudo, em 2003.

15

16 As possíveis fontes de incerteza da categorização de uso da terra são: a classificação das áreas  
17 para cada categoria de uso da terra durante a análise da imagem de satélite e; os próprios fatores  
18 de emissão do IPCC (2006) utilizados na contabilização.

19

20 Para a caracterização da área total de cada categoria de uso da terra, o IPCC (2006) apresenta  
21 como indicativo de incerteza uma ordem de até 10% e para áreas que sofreram transformação em  
22 seus usos, uma margem maior que 10%. Entretanto, o IPCC (2006) não dispõe de metodologia  
23 para determinação de uma margem de incerteza mais precisa neste tipo de contabilização. A  
24 metodologia adotada para o inventário de emissões e remoções de CO<sub>2</sub>e do uso da terra seguiu  
25 os modelos e considerações do IPCC. Assim, assume-se que as margens de incerteza indicadas  
26 pelo IPCC (2006) são aplicáveis a este inventário.

27

28 Deve-se ressaltar que esta incerteza definida refere-se à classificação do uso da terra através de  
29 análise da imagem de satélite. Do ponto de vista das emissões, dependendo da categoria de uso  
30 da terra com mais ou menos carbono atrelado, uma pequena variação na classificação da imagem  
31 pode representar uma grande oscilação dos resultados das emissões. Por este motivo, ressalta-se  
32 a importância do uso de imagens de elevada resolução espacial para permitir uma classificação  
33 minuciosa das áreas em avaliação.

1 Ainda em relação ao uso da terra, não são esperadas emissões ou remoções de carbono pelas  
2 transformações na categoria água, uma vez que não houve a instalação de novas represas ou  
3 construções neste sentido. As transformações de uso da terra para a categoria água identificadas  
4 neste inventário podem estar associadas às transformações em função das variações dos níveis  
5 das represas ou por alterações antrópicas de pequeno porte (urbanização junto às margens).  
6 Outra possibilidade é da própria imagem apresentar diferenças de definição que dificultem a  
7 categorização real, caracterizando-se uma possível fonte de incerteza.

8  
9 No subsetor da pecuária, as principais fontes de incerteza são referentes aos dados da população  
10 de animais no Município. Os dados sobre os tipos de manejo dos dejetos e os próprios fatores de  
11 emissão do IPCC (2006) são outras fontes de incertezas. Um ponto levantado e discutido durante  
12 o desenvolvimento do inventário foi referente às emissões da população de cavalos, no qual se  
13 estima que existam mais de dois mil animais (cavalaria da Polícia Militar, hípicas e *Jockey*  
14 *Club*). O IPCC (2006) propõe a contabilização das emissões de animais de criação pecuária, que  
15 inclui cavalos. Porém, os cavalos da polícia, hípicas e Jockey Club não são considerados animais  
16 de criação pecuária conforme discutido anteriormente e por isto não são contabilizados nas  
17 estatísticas da produção pecuária do Município e neste inventário.

18  
19 Os dados disponíveis da população de animais no Município apresentaram uma divergência  
20 entre as fontes pesquisadas. Duas bases de dados foram comparadas, IBGE e IEA, e não havia  
21 consistência nos dados. Foi adotada a base com maior grau de detalhe (IEA). Esta inconsistência  
22 pode estar relacionada à forma de obtenção dos dados (declaração dos criadores, pesquisas, etc.).  
23 Para as frações do manejo dos dejetos, não foram encontrados dados específicos para o  
24 Município, então foi considerada a mesma proporção dos dados nacionais, que pode aumentar o  
25 grau de incerteza desta informação. Os fatores de emissão (*FE*) do IPCC (2006) apresentam uma  
26 incerteza relacionada ao próprio valor calculado. Porém, além desta incerteza, também há o fato  
27 de que diferenças regionais na forma de criação destes animais podem influenciar na quantidade  
28 de nutrientes excretados e conseqüentemente dos GEE emitidos, como por exemplo, os  
29 diferentes tipos de alimentação dos animais. Cabe lembrar que os fatores do IPCC neste caso são  
30 provenientes de médias mundiais, o que contribui com a incerteza desta estimativa.

31  
32 No subsetor de manejo dos solos as possíveis fontes de incertezas são: os dados da população  
33 animal, as quantidades de fertilizantes, calcário e ureia aplicadas no Município, as áreas  
34 agrícolas no Estado e no Município de São Paulo e os fatores de emissão utilizados.

1  
2 As incertezas da população de animais no Município e dos fatores de emissão seguem a  
3 discussão apresentada anteriormente para o subsetor de pecuária. As quantidades de fertilizantes,  
4 calcário e ureia aplicadas no solo foram estimadas por indisponibilidade de dados municipais até  
5 o momento, que aumenta o grau de incerteza dos dados. Na estimativa das quantidades aplicadas  
6 foram necessárias a utilização das áreas agrícolas do Estado e do Município, que podem ser mais  
7 uma fonte de incerteza, uma vez que os dados das áreas agrícolas do Município não são  
8 compatíveis com as áreas observadas nas imagens de satélite. Essa divergência nos dados das  
9 áreas agrícolas pode estar relacionada com a forma de obtenção dos dados, como por meio de  
10 pesquisas, análise de imagem de satélite ou declaração dos agricultores.  
11

CONSULTA PÚBLICA

## 1 6. COMPARATIVO 1º INVENTÁRIO DE EMISSÃO DE GEE DO 2 MUNICÍPIO

3  
4 O 1º Inventário de Emissões de GEE do Município de São Paulo foi elaborado com base no  
5 “*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” e o inventário atual  
6 foi elaborado baseado no “*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*”.

7  
8 Em relação às emissões de GEE provenientes dos diferentes usos da terra, o 1º Inventário  
9 apresentou estimativas de emissões de CO<sub>2</sub> das áreas de floresta e pastagem, já o atual inventário  
10 estimou as emissões de CO<sub>2</sub> de seis categorias de uso da terra (floresta, pastagem, agricultura,  
11 áreas alagadas, urbanização e outros usos) em áreas que se mantiveram ou foram convertidas  
12 para outro uso. Essas diferenças na abrangência dos inventários devem-se ao melhoramento das  
13 metodologias dos guias do IPCC, conforme previsto nas guias de “*Good Practices*” do IPCC.

14  
15 Ainda com relação à seção de uso da terra, no 1º inventário foi aplicada a “abordagem 1”, que  
16 contabiliza as diferenças globais de áreas de uso da terra em sua totalidade. O atual inventário  
17 utilizou a “abordagem 2”, que apresenta as áreas que se mantiveram na mesma categoria de uso  
18 da terra e as alterações sofridas para cada categoria de uso da terra no período de estudo.

19  
20 Em relação às emissões de metano (CH<sub>4</sub>) da pecuária não foram verificadas diferenças em  
21 relação aos métodos utilizados em ambos os inventários. Porém, no inventário atual foram  
22 estimadas emissões diretas e indiretas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) do manejo de dejetos, conforme  
23 IPCC (2006).

24  
25 Comparando-se as emissões dos solos agrícolas entre os dois inventários do Município,  
26 verificou-se que no 1º Inventário foram contabilizadas as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)  
27 da aplicação de cal nas áreas agrícolas do Município, pois no guia do IPCC (1997) não era  
28 prevista a contabilização das emissões de CO<sub>2</sub> da aplicação de ureia como fertilizante nem das  
29 emissões de N<sub>2</sub>O dos solos manejados.

30

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **1º Relatório de Referência do Estado de São Paulo de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, período de 1990-2008 – Inventário de Emissões de Óxido Nitroso pelo Manejo de Dejetos e dos Solos Agrícolas no Estado de São Paulo, 1990 a 2008**. São Paulo, 2010. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/mudancasclimaticas/geesp/file/docs/consulta/relatorios/n2o.pdf>> Acesso em 06/02/2012

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de Vegetação do Brasil 1:5.000.000**. 2004. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas\\_e\\_Mapas/Mapas\\_Murais/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/)> Acesso em 02/07/2012

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Japão, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html>> Acesso em 21/10/2011.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa – Relatório de referência – Emissões de gases de efeito estufa no setor de uso da terra, mudança do uso da terra e florestas**. Brasília, 2010a. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0219/219302.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0219/219302.pdf)> Acesso em 01/02/2012

MCT – Inventário Nacional da pecuária. **Segundo inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa – Relatório de referência – Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos**. Brasília, 2010b. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0219/219288.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0219/219288.pdf)> Acesso em 06/02/2012

Sítios da internet consultados durante o período de desenvolvimento do trabalho:

- ABCS – Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. <<http://www.abcs.org.br/producao/genetica/176-racas-de-suinos>> Acesso em 15/02/2012

- 1 • ABRACAL – Associação Brasileira dos Produtores de Cal. <  
2 <http://www.abracal.com.br/estatisticas>> Acesso em 22/02/2012.
- 3 • AVISITE – O Portal e Revista da Avicultura.  
4 <<http://avisite.com.br/noticias/index.php?codnoticia=7206>> Acesso em 15/02/2012.
- 5 • IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.  
6 <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=73&z=p&o=31&i=P>> Acesso  
7 em 22/02/2012.
- 8 • IEA – Instituto de Economia Agrícola.  
9 <[http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjectiva.aspx?cod\\_sis=1&idioma=1](http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjectiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1)> Acesso em  
10 15/02/2012.
- 11 • IPNI – International Plant Nutrition Institute. <  
12 [http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/\\$webindex/7A41892BCC7634FB83256B1200](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/$webindex/7A41892BCC7634FB83256B1200656701?opendocument&navigator=profile)  
13 [656701?opendocument&navigator=profile](http://www.potafos.org/ppiweb/brazil.nsf/$webindex/7A41892BCC7634FB83256B1200656701?opendocument&navigator=profile)> Acesso em 17/02/2012  
14

**Apêndice A – Áreas modificadas no período de 2003 a 2009, por subprefeitura**

APENDICE A - Áreas modificadas no período de 2003 a 2009, por subprefeitura

Sub Prefeituras	Agricultura	Água	Urbanização	Mineração	campo antropico	Reflorestamento	Vegetação natural
	(hectare)						
Aricanduva	0	0	4	0	-4	0	0
Butantã	0	0	16	0	-1	-12	-2
Campo Limpo	0	0	56	0	-38	0	-18
Casa Verde/Cachoeirinha	0	0	2	0	-5	3	0
Cidade Ademar	0	0	34	12	-42	0	-4
Cidade Tiradentes	0	0	18	0	-14	0	-4
Ermelino Matarazzo	0	0	0	0	0	0	0
Freguesia/Brasília	0	0	13	0	-6	-7	0
Guaianazes	0	0	12	0	-9	0	-3
Ipiranga	0	0	2	0	-2	0	0
Itaim Paulista	0	0	4	0	-4	0	0
Itaquera	0	0	52	0	-25	-11	-16
Jabaquara	0	0	0	0	0	0	0
Lapa	0	0	20	0	-27	7	0
M'Boi Mirim	-4	0	101	0	-90	-2	-5
Mooca	0	0	0	0	-7	7	0
Parelheiros	29	0	10	4	17	-14	-47
Penha	0	0	0	0	0	0	0
Perus	-27	0	114	12	-32	-54	-14
Pinheiros	0	0	0	0	-3	3	0
Pirituba	0	0	114	3	-88	-13	-16
Santana/Tucuruvi	0	0	0	0	0	0	0
Santo Amaro	0	0	1	0	-1	0	0
São Mateus	0	0	7	0	14	0	-21
São Miguel	0	0	33	0	-33	0	0
Sé	0	0	6	0	-11	5	0
Socorro	-6	0	1	8	29	-14	-19
Tremembé/Jaçanã	3	0	7	2	0	0	-13
Vila Maria/Vila Guilherme	0	0	15	0	-21	5	0
Vila Mariana	0	0	0	0	0	0	0
Vila Prudente/Sapopemba	0	0	5	0	-5	0	0
Total geral	-4	0	649	42	-408	-96	-182

CONSULTA PÚBLICA

**Apêndice B – Tabelas dos Fatores Utilizados para Uso da Terra**

APENDICE B - Resumo dos Fatores Utilizados para Uso da Terra

Parâmetro	Valor	Unidades	Referência IPCC 2006	Observação
<b>Agricultura</b>				
Carbono - Biomassa	5	tC/ha	Table 5.9	Ganho apenas no primeiro ano, demais, ciclo de perda e ganho
Matéria Org. Morta	0	tC/ha	p 5.32 Tier 1	DOM - perdido na transformação. Agricultura, não há acúmulo
Carbono - Solo REF	47	tC/ha	Table 2.3 / 2.31	LAC soils, tropical, moist
FLU	0,82	-	Table 5.5	Set aside <20y, tropical moist
FMG	1,15	-	Table 5.5	Reduced, tropical, moist
FI	1,00	-	Table 5.5	Medium - manutenção do teor de C
T	3	years	Eq. 2.25 / 2.30	2003 - 2009 (metade) Ref. Inv. Nacional
D	20	years	Eq. 2.25 / 2.30	Padrão
Carbono - Solo	44,32	tC/ha	Eq. 2.25 / 2.30	SOC_0
Fração de Maturação	0,15	-	p 2.26	Fração de maturação padrão de 20 anos (transição linear)
Varição no período	6,65	tC/ha	Calculado	
<b>Campo Antrópico</b>				
Carbono - Biomassa	16,1	t d.m./ha	Table 6.4 / 6.27	total non-woody biomass, tropical, moist
Fração de C biomassa	0,47	t C / t d.m	p 6.29	Padrão
Carbono - Biomassa	7,6	tC/ha	Calculado	total non-woody biomass, tropical, moist
Matéria Org. Morta	0	tC/ha	p 5.32 Tier 1	
Carbono - Solo REF	47	tC/ha	Table 2.3 / 2.31	LAC soils, tropical, moist
FLU	1,00	-	Table 6.2 / 6.16	All
FMG	0,97	-	Table 6.2 / 6.16	Moderately degraded, tropical
FI	1,00	-	Table 6.2 / 6.16	Medium - manutenção do teor de C
T	3	years	Eq. 2.25 / 2.30	2003 - 2009 (metade)
D	20	years	Eq. 2.25 / 2.30	Padrão
Carbono - Solo	45,59	tC/ha	Eq. 2.25 / 2.30	SOC_0
Fração de Maturação	0,15	-	p 2.26	Fração de maturação padrão de 20 anos (transição linear)
Varição no período	6,84	tC/ha	Calculado	
<b>Vegetação Natural</b>				
R (biomassa abaixo/acima) < 125t/ha	0,2	-	Table 4.4 / 4.49	Tropical moist deciduous forest
R (biomassa abaixo/acima) > 125t/ha	0,24	-	Table 4.4 / 4.49	Tropical moist deciduous forest
FC (Fração C na biomassa acima )	0,47	tC/t d.m.	Table 4.3 / 4.48	Padrão
Biomassa acima do solo em florestas	220	t d.m/ha	Table 4.7 / 4.53	Tropical moist deciduous forest / South America
Carbono - Biomassa	128,2	tC/ha		Maior que 125 t
Matéria Org. Morta	igual reflorestamento			
Carbono - Solo	igual reflorestamento			

APENDICE B - Resumo dos Fatores Utilizados para Uso da Terra

Parâmetro	Valor	Unidades	Referência IPCC 2006	Observação
<b>Reflorestamento</b>				
Taxa de Crescimento < 20 anos	7,0	t d.m/ha/y	Table 4.9 / 4.57	Tropical moist, South America
Taxa de Crescimento > 20 anos	2,0	t d.m/ha/y	Table 4.9 / 4.57	Tropical moist, South America
FC (Fração C na biomassa acima )	0,47	tC/t d.m.	Table 4.3 / 4.48	Padrão
Carbono - Biomassa > 20 anos	0,94	tC/ha.ano	Calculado	Considerado com mais de 20 anos
Período	6	anos		
Carbono - Biomassa - Incremento > 20 anos	5,64	tC/ha	Calculado	
Carbono - Biomassa < 20 anos	3,29	tC/ha.ano	Calculado	Considerado com mais de 20 anos
Período	3	anos		Considerado metade do período (ref. Inventário Nacional)
Carbono - Biomassa - Incremento < 20 anos	9,87	tC/ha	Calculado	
R (biomassa abaixo/acima) < 125t/ha	0,2	-	Table 4.4 / 4.49	Tropical moist deciduous forest
R (biomassa abaixo/acima) > 125t/ha	0,24	-	Table 4.4 / 4.49	Tropical moist deciduous forest
FC (Fração C na biomassa acima )	0,47	tC/t d.m.	Table 4.3 / 4.48	Padrão
Biomassa acima do solo	120	t d.m/ha	Table 4.12 / 4.63	Tropical moist deciduous forest
Carbono - Biomassa	67,7	tC/ha		Menor que 125 t
Matéria Org. Morta	2,1	tC/ha	Table 2.2 / 2.27	Para 20 anos de evolução
Fração de Maturação	0,15	-	p 2.26	Fração de maturação da floresta para o padrão de 20 anos (transição linearear)
Matéria Org. Morta - período	0,315	tC/ha	Calculado	
Carbono - Solo				
Carbono - Solo REF	47	tC/ha	Table 2.3 / 2.31	LAC soils, tropical, moist
FLU	1,00	-	p 4.25	padrão
FMG	1,00	-	p 4.25	padrão
FI	1,00	-	p 4.25	padrão
T	3	years	Eq. 2.25 / 2.30	2003 - 2009
D	20	years	Eq. 2.25 / 2.30	Padrão
Carbono - Solo	47,00	tC/ha	Eq. 2.25 / 2.30	SOC_0
Fração de Maturação	0,15	-	p 2.26	Fração de maturação padrão de 20 anos (transição linearear)
Variação	7,05	tC/ha	Calculado	
<b>Urbanização</b>				
Carbono - Solo				
Carbono - Solo REF	47	tC/ha	Table 2.3 / 2.31	LAC soils, tropical, moist
FLU*FMG*FI	0,80	-	p 8.24	padrão - perde 20%