

INVENTÁRIO
DE EMISSÕES
DE GEE
DO PARANÁ

INVENTÁRIO DE EMISSÕES
ANTRÓPICAS DIRETAS E
INDIRETAS DE GASES DE
EFEITO ESTUFA 2005-2012

INVENTÁRIO DE EMISSÕES
DE AGENTES CLIMÁTICOS
DE CURTA DURAÇÃO
2005-2012

SUBSÍDIOS PARA PROPOSTAS
DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES
DE GEE SETORIZADAS DO
ESTADO DO PARANÁ

RESUMO EXECUTIVO

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Carlos Alberto Richa
Governador

SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

Antonio Caetano de Paula Junior
Secretário de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IAP - Instituto Ambiental do Paraná

Luiz Tarcísio Mossato Pinto

Diretor Presidente

ÁGUASPARANÁ- Instituto das Águas do Paraná

Everton Luiz da Costa Souza

Diretor Presidente

ITCG - Instituto de Terras, Cartografias e Geociências

Amilcar Cavalcante Cabral

Diretor Presidente

COORDENAÇÃO

Carlos Renato Garcez do Nascimento

Coordenador de Resíduos Sólidos

Coordenador do Primeiro Inventário de Emissões

Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado

do Paraná

José Rubel

Coordenador de Mudanças Climáticas

REALIZAÇÃO

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA)

Instituto Ambiental do Paraná (IAP)

COORDENAÇÃO E EXECUÇÃO

WayCarbon Soluções Ambientais e Projetos de Carbono

COORDENAÇÃO SETORIAL

Carlos Renato Garcez do Nascimento

Coordenador do Energia

Reginaldo Joaquim de Souza

Coordenador do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos

Rosana Maria Bara Castella

Coordenadora do Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

Vinício Costa Bruni

Coordenador do Setor Resíduos e Saneamento

Victor Hugo Fucci

Coordenador Adjunto da Equipe Local

EQUIPE TÉCNICA

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA)

Adv. Carlos Renato Garcez do Nascimento

Eng. Civil. José Rubel

Eng. Agrônomo. João Batista Campos

Eng. Agrônomo. Paulo Roberto Castella

Biól. Ana Marcia Altoe Nieweglowski

Eng. Químico. Reginaldo Joaquim de Souza

Biól. Rosana Maria Bara Castella

Adm. Simone Cristina Oliveira Stroili

Eng. Civil e Eng. Cartógrafo. Vinício Costa Bruni

Assessor Técnico. Victor Hugo Fucci

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (IAP)

Assessor Técnico. Altamir Juliano Hacke

Eng. Ambiental. Dirlene Cavalcanti

Eng. Ambiental. Flávia Veronesi Deboni

Químico. Jefferson Escobar Yamashiro

Eng. Química. Ivonete Coelho da Silva Chaves

Eng. Agrônoma. Rossana Baldanzi

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS (ITCG)

Eng. Cartógrafa. Gislene Lessa

Geógrafa. Izabela Maria Swiercznyk

Eng. Cartógrafa. Meire Raquel Schimidt Cordeiro

Eng. Ambiental. Yuren Caldeira Canterle

ESTAGIÁRIOS SEMA

Acad. Eng. Ambiental. Leonardo Carlesso

Acad. Eng. Química. Maria Bernadete Nareski Blasczyk

Acad. Ciências Biológicas. Rafael de Araújo Ribeiro

Acad. Eng. Ambiental. Yale Camparoto Zironi

Acad. Ciências Biológicas. Willian Chamberlain

WAYCARBON SOLUÇÕES AMBIENTAIS E PROJETOS DE CARBONO

Eng. Civil. Felipe Ribeiro Bittencourt (Ph.D) - Coordenador do Projeto.

Biól. Rafael Thiago do Carmo - Gerente Executivo

Geógrafo. Angelo Horta Abreu

Biól. Breno Rates Azevedo (Ph.D)

Economista. Fábio Weikert Bicalho

Biól. Guilherme Pacheco Schuchter

Eng. Ambiental. Isabela Aroeira de Almeida (M.Sc)

Biól. e Eng. Ambiental. Luísa Guimarães Krettli (M.Sc)

Biól. Mariana de Queiroz Bertelli (M.Sc)

Economista e Analista Internacional. Matheus Lage Alves

de Brito (M.Sc)

Economista. Stephania Mageste Castelar Campos

Eng. Químico. Victor Sette Gripp (M.Sc)

Acad. Comunicação Social. Filipe Silva Pinho Medeiros

APOIO

Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR)

Companhia Paranaense de Energia (COPEL)

Departamento de Trânsito do Paraná (DETRAN-PR)

Federação da Agricultura do Estado do Paraná (FAEP)

Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP)

Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas Globais

(FPMCG)

Serviço Geológico do Paraná (MINEROPAR)

Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR)

Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico

e Social (IPARDES)

Organização das Cooperativas do Paraná (OCEPAR)

Prefeitura de Curitiba

Secretaria da Agricultura e Saneamento (SEAB)

Secretaria de Estado da Saúde (SESA)

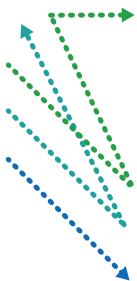
Secretaria de Infraestrutura e Logística (SEIL)

Secretaria do Planejamento e Coordenação Geral (SEPL)

Universidade Federal do Paraná (UFPR)

PROJETO GRÁFICO

Designer - Manuela Camisasca



SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Inventário de Emissões Antrópicas diretas e indiretas de Gases de Efeito Estufa | 4 |
| 1. Introdução | 4 |
| 2. Referencial metodológico adotado | 4 |
| 2.1 Setores e emissões correspondentes | 5 |
| 2.1.1 Setor Energia | 5 |
| 2.1.2 Setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) | 5 |
| 2.1.3 Setor Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU) | 6 |
| 2.1.4 Setor Resíduos | 7 |
| 2.2 Gases cobertos pelo inventário | 7 |
| 2.3 Período de Referência | 7 |
| 3. Sumário de Emissões Antrópicas por GEE | 8 |
| 4. Emissões de GEE por Setor | 10 |
| 4.1 Energia | 10 |
| 4.1.1 Categoria Transporte | 11 |
| 4.2 Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) | 12 |
| 4.3 Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU) | 13 |
| 4.3.1 Florestas e Outros Usos da Terra | 14 |
| 4.4 Resíduos e Saneamento | 17 |
| 5. Comparação com outros inventários estaduais no Brasil | 18 |
| 5.1 Emissões totais | 19 |
| 5.2 Emissões per capita | 20 |
| | |
| Inventário de Emissões de Agentes Climáticos de Curta Duração | 22 |
| 1. Introdução aos agentes climáticos de curta duração | 22 |
| 2. Referencial metodológico adotado | 22 |
| 3. Resultados por setor | 22 |
| 3.1 Carbono Negro | 23 |
| 3.2 Monóxido de Carbono (CO) | 24 |
| 3.3 Óxidos de Nitrogênio (NOx) | 25 |
| 3.4 Compostos Orgânicos Voláteis Não-Metano (NMVOC) | 26 |
| | |
| Subsídios para propostas de mitigação de emissões de GEE setorializadas para o estado do Paraná | 28 |

INVENTÁRIO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DIRETAS E INDIRETAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO ESTADO DO PARANÁ 2005-2012

INVENTÁRIO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS DIRETAS E INDIRETAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

1. INTRODUÇÃO

O Governo do estado do Paraná, por meio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA e, mais especificamente, da Coordenadoria de Mudanças Climáticas, definiu o arcabouço legal e administrativo para a formulação de políticas públicas e ações coordenadas voltadas à gestão climática no Estado. Como parte das ações previstas na Lei 17.133/2012, que institui a Política Estadual de Mudança do Clima, a qual é regulamentada pelo Decreto nº 9.085/2013, o estado do Paraná apresenta os resultados do seu Primeiro Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e Indiretas de Gases de Efeito Estufa (GEE) e de Agentes Climáticos de Curta Duração, com o objetivo de estabelecer o perfil de emissões do Estado.

O inventário de emissões de GEE é pré-requisito para o estabelecimento de propostas de mitigação e políticas públicas de gestão das mudanças climáticas. Nesse sentido, a partir da compilação do inventário de emissões do Paraná foi realizada, ainda, a análise de cenários de emissões de GEE, considerando como referência a Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC) (BRASIL, 2009), bem com a análise de propostas de mitigação.

2. REFERENCIAL METODOLÓGICO ADOTADO

Como referencial metodológico para a compilação do Primeiro Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e Indiretas e de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná foi adotado o *2006 IPCC¹ Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006)*.

A metodologia do IPCC 2006 segmenta as estimativas de emissão e remoção de gases de efeito estufa em setores, que são agrupamentos de processos, fontes e sumidouros relacionados. O IPCC 2006 está organizado em cinco volumes; O Volume 1 descreve os passos básicos para o desenvolvimento de um inventário e oferece diretrizes gerais sobre estimativas de emissões e remoções. Os volumes 2 a 5 apresentam diretrizes para a quantificação de emissões em diferentes setores da economia, sendo o Volume 2 “Energia”, Volume 3 “Processos Industriais e Uso de Produtos” (Industrial Processes and Product Use - IPPU), Volume 4 “Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra” (Agriculture, Forestry and Other Land Use - AFOLU) e o Volume 5 “Resíduos”. As fontes e sumidouros de GEE incluídas nestes setores serão brevemente apresentadas nas subseções seguintes.

¹IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change / Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.



2.1 SETORES E EMISSÕES CORRESPONDENTES

2.1.1 Setor Energia

Neste setor estão incluídas emissões antrópicas devido à produção, à transformação, distribuição e ao consumo de energia, incluindo atividades tais como:

- Exploração e aproveitamento de fontes primárias de energia;
- Conversão de fontes primárias de energia em fontes mais prontamente utilizáveis em refinarias e plantas de energia;
- Transmissão e distribuição de combustíveis;
- Uso de combustíveis em aplicações móveis e estacionárias.

As emissões oriundas dessas atividades são geradas por meio de processo de combustão ou a partir de fugas (i.e. emissões fugitivas). Contudo, apenas uma pequena fração das emissões do setor Energia são oriundas de fugas; exemplos de tais fontes incluem vazamentos de gás natural e emissões de metano na mineração de carvão mineral. Vale destacar que o uso de combustíveis fósseis como insumo em processos industriais (e.g. uso de gás natural na produção de amônia) é contabilizado no setor IPPU.

2.1.2 Setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)

O setor IPPU é subdividido nos seguintes grupos de categorias (IPCC, 2006):

- Emissões da indústria mineral: Este grupo de categorias inclui emissões de CO₂ relacionadas a processos resultantes da utilização de materiais contendo carbonatos na produção e uso de uma variedade de produtos da indústria mineral. Há dois principais mecanismos que resultam na liberação de CO₂ a partir de carbonatos, nomeadamente, i) calcinação, na qual um óxido metálico é formado por meio de aquecimento e ii) liberação de CO₂ induzida por ácido;
- Emissões da indústria química: Este grupo inclui processos de produção de amônia, ácido nítrico, ácido adípico, caprolactama, glioxal, ácido glioxílico, carbetto, dióxido de titânio, soda cáustica, indústria petroquímica e produção de fluoroquímicos.
- Indústria de produção de metais: Este grupo inclui produção de ferro e aço, coque metalúrgico, produção de ferroligas, alumínio, magnésio, zinco e chumbo;

- Uso não energético de produtos derivados de petróleo: Este grupo inclui o uso de lubrificantes, ceras parafínicas, betume/asfalto e solventes. Os métodos para se calcular emissões de CO₂ do uso não energético de produtos são baseados na multiplicação das quantidades consumidas por um fator de emissão composto pelo teor de carbono nos materiais de interesse e em uma fração desse carbono que é oxidada durante o uso.
- Indústria de eletrônicos: Vários processos avançados de manufatura de eletrônicos utilizam compostos fluorinados (FCs) (e.g. manufatura de semicondutores, células fotovoltaicas) e, portanto, são importantes fontes de emissão de GEE.
- Uso de substitutos de substâncias depletoras da camada de ozônio (Ozone Depleting Substances - ODS): Hidrofluorocarbonos (HFCs) e, em menor grau, perfluorocarbonos (PFCs) são empregados como alternativas para ODS, as quais estão correntemente em processo de eliminação devido ao Protocolo de Montreal. Aplicações dos HFCs e PFCs incluem refrigeração e condicionamento de ar, supressão de fogo e proteção contra explosão, aerossóis, espumas e outras;
- Uso e manufatura de outros produtos: Este grupo inclui emissões de hexafluoreto de enxofre (SF₆) e PFCs a partir da manufatura e uso de equipamentos elétricos e outros produtos.

2.1.3 Setor Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU)

O setor AFOLU inclui os seguintes processos (IPCC, 2006):

- Emissões e remoções de CO₂ resultantes de variações de estoque de carbono em biomassa, matéria orgânica morta e solos minerais em terras manejadas;
- Emissões de CH₄ e N₂O a partir da queima de resíduos agrícolas;
- Emissões de N₂O em terra manejada;
- Emissões de CO₂ associadas à calagem em solos manejados;
- Emissões de CH₄ no cultivo de arroz;
- Emissões de CO₂ e N₂O a partir de solos orgânicos cultivados;
- Emissões de CO₂ e N₂O em áreas alagadiças manejadas;
- Emissões de CH₄ oriundas de fermentação entérica de rebanhos animais;
- Emissões de CH₄ e N₂O de sistema de tratamento de dejetos animais;

Variações de estoques de carbono associadas a produtos derivados de madeira;
Emissões e remoções de CO₂ das classes de uso da terra que permaneceram ou que foi convertida para outra classe.

Agropecuária inclui todas as emissões referentes a fermentação entérica, manejo de dejetos de animais, cultivo de arroz, queima de resíduos agrícolas, solos agrícolas, calagem e outros.

Florestas e Outros Usos da Terra inclui as estimativas das emissões e remoções de gases de efeito estufa associadas ao aumento ou diminuição do carbono na biomassa, viva ou morta, acima ou abaixo do solo, carbono de solo e outros e pela substituição de um determinado tipo de uso da terra por outro.

2.1.4 Setor Resíduos

Neste setor estão incluídas todas as emissões correspondentes à disposição ou tratamento final de resíduos e efluentes industriais e domésticos, serviço de saúde e outros.

O setor inclui as seguintes categorias (IPCC, 2006):

- Disposição de resíduos sólidos;
- Tratamento biológico de resíduos sólidos;
- Incineração e queima a céu aberto de resíduos;
- Tratamento de esgoto e descarte de efluentes.

2.2 GASES COBERTOS PELO INVENTÁRIO

Os gases de efeito estufa cobertos neste inventário são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6). As emissões apuradas dos diferentes gases estão apresentadas de acordo com sua equivalência com o CO_2 (CO_2e) calculada considerando seu respectivo "Potencial de Aquecimento Global" (PAG). Este índice compara a força radiativa de uma tonelada de gás de efeito estufa ao longo de um determinado período de tempo à de uma tonelada de dióxido de carbono (CO_2).

Foram adotados os PAGs provenientes do IPCC Second Assessment Report (SAR) (IPCC, 1996), considerando horizonte temporal de 100 anos.

Outros gases que exercem papel indireto no aumento do efeito radiativo, os chamados agentes climáticos de curta duração, são poluentes que apresentam vida relativamente curta na atmosfera (de alguns dias a algumas décadas). Embora não sejam gases de efeito estufa, esses agentes influenciam as reações químicas que ocorrem na troposfera, contribuindo para o agravamento do efeito estufa (MMA, 2014). Foram contabilizadas emissões dos seguintes agentes climáticos de curta duração: carbono negro, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis não-metânicos (NMVOC – non-methane volatile organic carbon), apresentadas no Apêndice I.

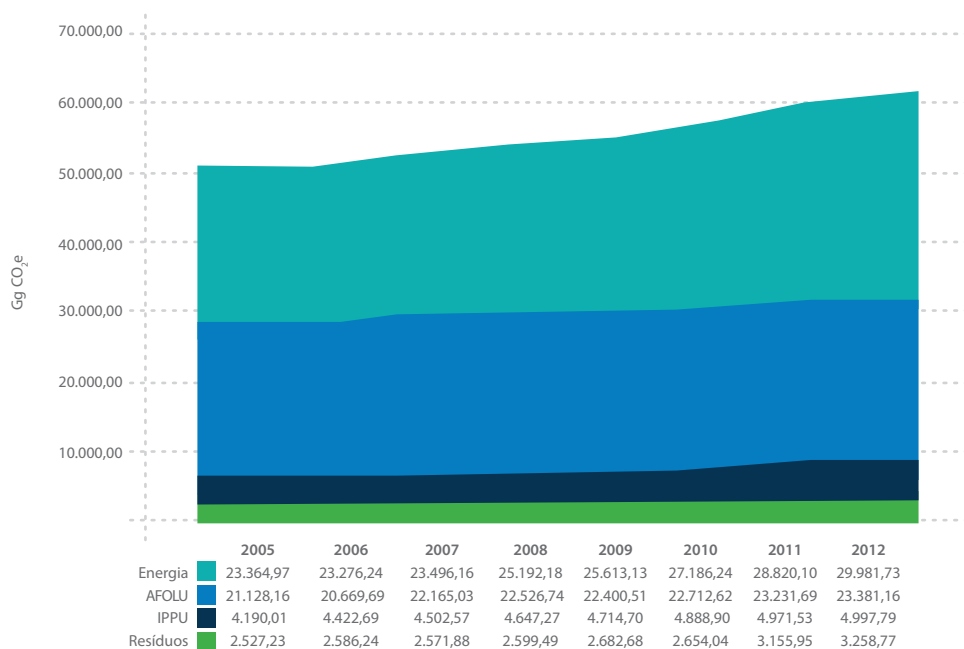
2.3 PERÍODO DE REFERÊNCIA

O período de referência deste inventário consiste no intervalo formado pelos anos 2005 a 2012. O período ora adotado é uma série histórica representativa no que diz respeito às emissões de GEE, além de ser um intervalo cujas informações estão sistematizadas e organizadas, diminuindo assim a incerteza dos dados a serem utilizados no trabalho. Tal definição foi discutida e definida junto à equipe da Secretaria de estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMA) responsável pela coordenação deste Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e Indiretas de Gases de Efeito Estufa do estado do Paraná.

3. SUMÁRIO DE EMISSÕES ANTRÓPICAS POR GEE

A seguir, serão descritos os resultados da quantificação de emissões de GEE no estado do Paraná para o período entre 2005 e 2012 (Gráfico 1). As emissões totais anuais², divididas por setor do IPCC, são apresentadas abaixo:

Gráfico 1 Emissões de gases de efeito estufa no Paraná, divididas por setor do IPCC, 2005-2012.



Nota-se a grande preponderância do setor Energia, o que foi responsável por 48,66% das emissões totais no ano 2012. Em segundo lugar, figura o setor AFOLU, o qual foi responsável por 37,94% das emissões naquele ano. O restante das emissões é atribuível aos setores IPPU e Resíduos, responsáveis por 8,11% e 5,29%, respectivamente.

O setor Resíduos, apesar de ser aquele com a menor participação nas emissões totais, lidera o ranking dos setores no que se refere ao aumento das emissões entre 2005-2012, com 29% de crescimento no período. O setor Energia apresentou crescimento nessa mesma ordem (28%). Os setores IPPU e AFOLU, apresentaram aumento de 19% e 11%, respectivamente (Tabela 1).

²Vale destacar que os resultados de emissões são mostrados em separado do resultado da quantificação de remoções.

Tabela 1

Emissões de gases de efeito estufa no Paraná, em Gg CO₂e, divididas por setor do IPCC, 2005-2012.

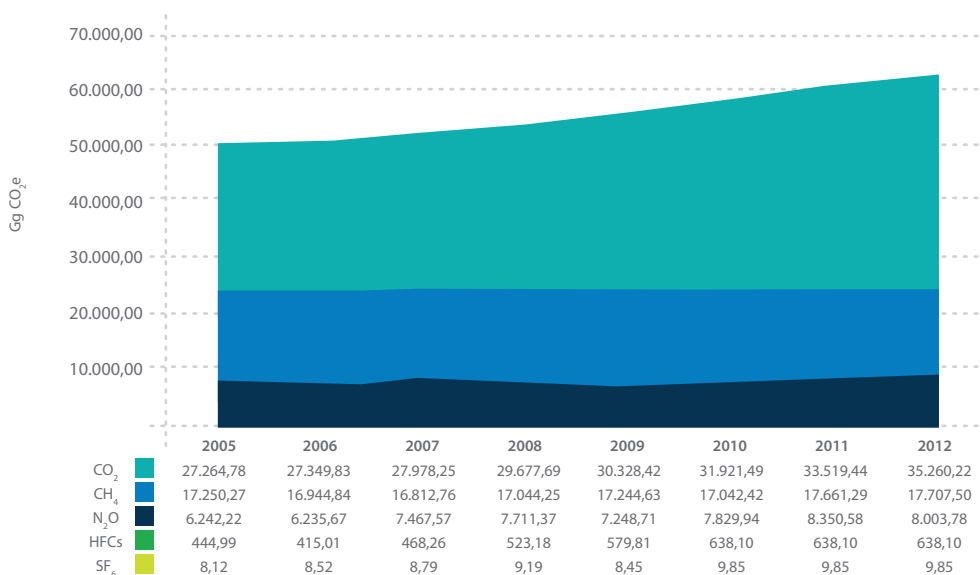
| Setores | | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2005 - 2012 |
|---|-----------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| Energia | Valor | 23.365 | 23.276 | 23.496 | 25.192 | 25.613 | 27.186 | 28.820 | 29.982 | 28% |
| | Diferença | - | -89 | 220 | 1.696 | 421 | 1.573 | 1.634 | 1.162 | |
| | Varição | - | -0,4% | 0,9% | 7,2% | 1,7% | 6,1% | 6,0% | 4,0% | |
| Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra | Valor | 21.128 | 20.670 | 22.165 | 22.527 | 22.401 | 22.713 | 23.232 | 23.381 | 11% |
| | Diferença | - | -458,5 | 1.495,3 | 361,7 | -126,2 | 312,1 | 519,1 | 149,5 | |
| | Varição | - | -2% | 7% | 2% | -1% | 1% | 2% | 1% | |
| Processos Industriais e Uso de Produtos | Valor | 4.190 | 4.423 | 4.503 | 4.647 | 4.715 | 4.889 | 4.972 | 4.998 | 19% |
| | Diferença | - | 233 | 80 | 145 | 67 | 174 | 83 | 26 | |
| | Varição | - | 5,6% | 1,8% | 3,2% | 1,5% | 3,7% | 1,7% | 0,5% | |
| Resíduos | Valor | 2.527 | 2.586 | 2.572 | 2.599 | 2.683 | 2.654 | 3.156 | 3.259 | 29% |
| | Diferença | - | 59,01 | -14,36 | 27,60 | 83,20 | -28,64 | 501,91 | 102,82 | |
| | Varição | - | 2% | -1% | 1% | 3% | -1% | 19% | 3% | |

- indicam que houve redução das emissões da respectiva categoria em relação ao resultado do ano anterior;
- indicam que houve aumento das emissões da respectiva categoria em relação ao resultado das emissões no ano anterior;
- indicam uma variação positiva (aumento) das emissões por categoria em 2012 em relação a 2005

Quando analisada a participação dos distintos GEE no total de emissões do Paraná, nota-se a preponderância dos gases CO₂, CH₄ e N₂O, que contribuíram com 57,22%, 28,74%, 12,99% do total estadual, respectivamente, no ano 2012 (Gráfico 2). HFCs e SF₆ contribuíram de modo insignificante durante o período analisado. Não foram identificadas/quantificadas fontes relevantes de PFCs.

Gráfico 2

Emissões de gases de efeito estufa no Paraná (2005-2012), em Gg CO₂e, divididas por gás, 2005-2012.

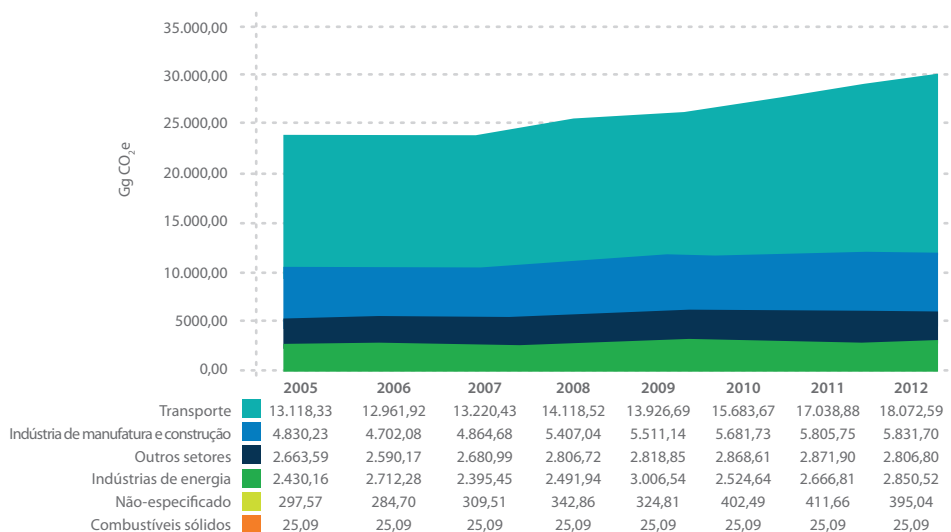


4. EMISSÕES DE GEE POR SETOR

4.1 ENERGIA

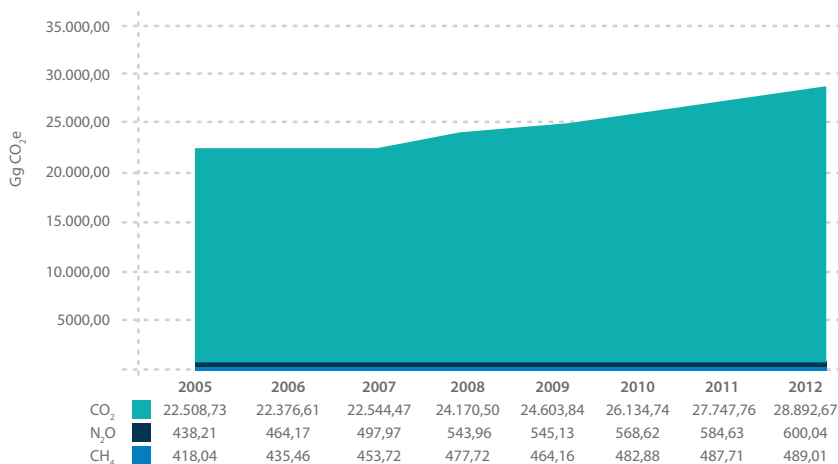
Para o setor Energia, os resultados (Gráfico 3) indicam uma predominância das emissões de gases de efeito estufa advindas do subsetor Atividades de utilização de combustível. Dentre as categorias de atividades emissoras, destaca-se Transporte.

Gráfico 3 Emissões de GEE, em Gg CO₂e para as Categorias do setor Energia, 2005-2012



Os gases identificados para o setor Energia foram CO₂ (Dióxido de carbono), CH₄ (Metano), N₂O (Óxido nítrico), sendo que o CO₂ foi o gás predominante nos anos de 2005 a 2012, representando mais de 90% das emissões do setor em todos os anos (Gráfico 4).

Gráfico 4 Emissões de GEE (Gg CO₂e) por gás para o setor Energia, 2005-2012

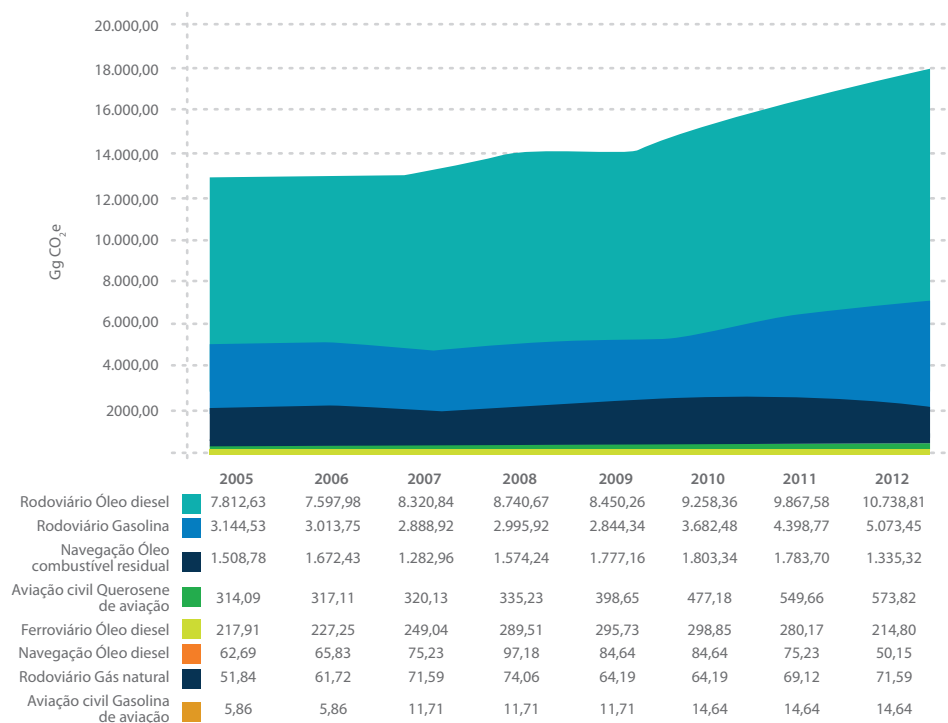


4.1.1 Categoria Transporte

De maneira a esclarecer o desempenho das emissões da categoria Transporte, apresenta-se as emissões por tipo de combustível consumido em cada uma de suas subcategorias. A subcategoria Rodoviário configura-se como a principal responsável pelas emissões da categoria Transporte, advindas principalmente da queima dos combustíveis Gasolina e Óleo Diesel e representando até 85% das emissões entre os anos 2005 e 2011, com pico de 88% em 2012 (Gráfico 5). Os resultados obtidos indicam um aumento nas emissões provenientes do consumo de gasolina de 23% no ano de 2010 em relação a 2009 e de 61% no período entre 2005 e 2012.

Gráfico 5

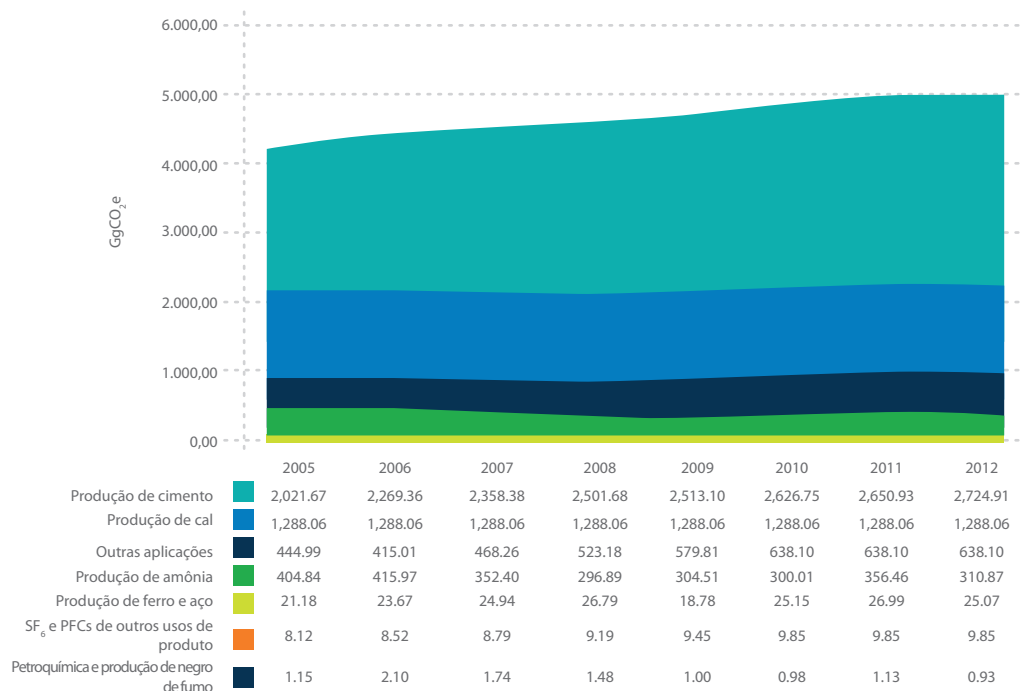
Emissões da Categoria Transporte, em Gg CO₂e, por tipo de combustível consumido – Setor Energia, 2005-2012.



4.2 PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS (IPPU)

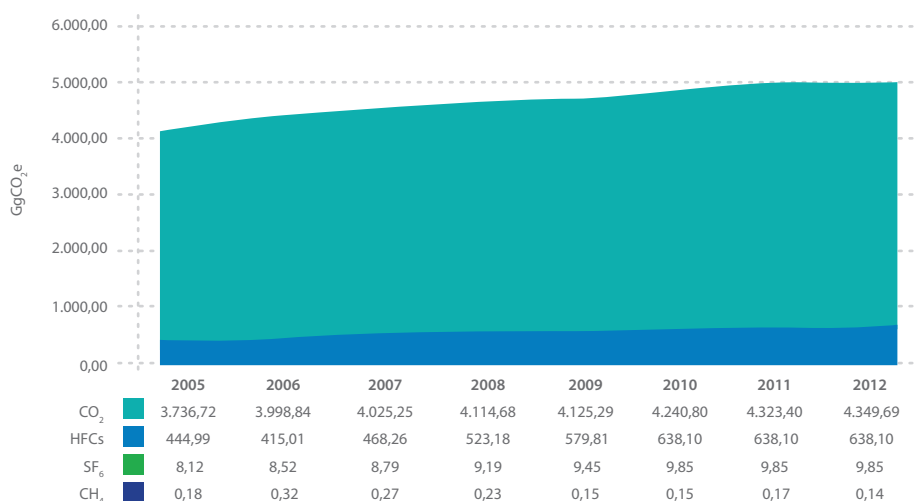
Ao analisar as emissões de gases de efeito estufa do setor IPPU, observa-se uma predominância das emissões advindas das categorias Produção de Cimento e Produção de Cal, ambas pertencentes ao subsetor Indústria Mineral (Gráfico 6).

Gráfico 6 Emissões de GEE, em Gg CO₂e, para as Categorias do setor IPPU, 2005-2012



Os gases identificados para o setor Processos Industriais e Uso de Produtos foram CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), HFCs (hidrofluorcarbonetos) e SF₆ (hexafluoreto de enxofre), sendo que o CO₂ foi o gás predominante nos anos de 2005 a 2012, representando mais de 80% das emissões do setor IPPU em todos os anos (Gráfico 7).

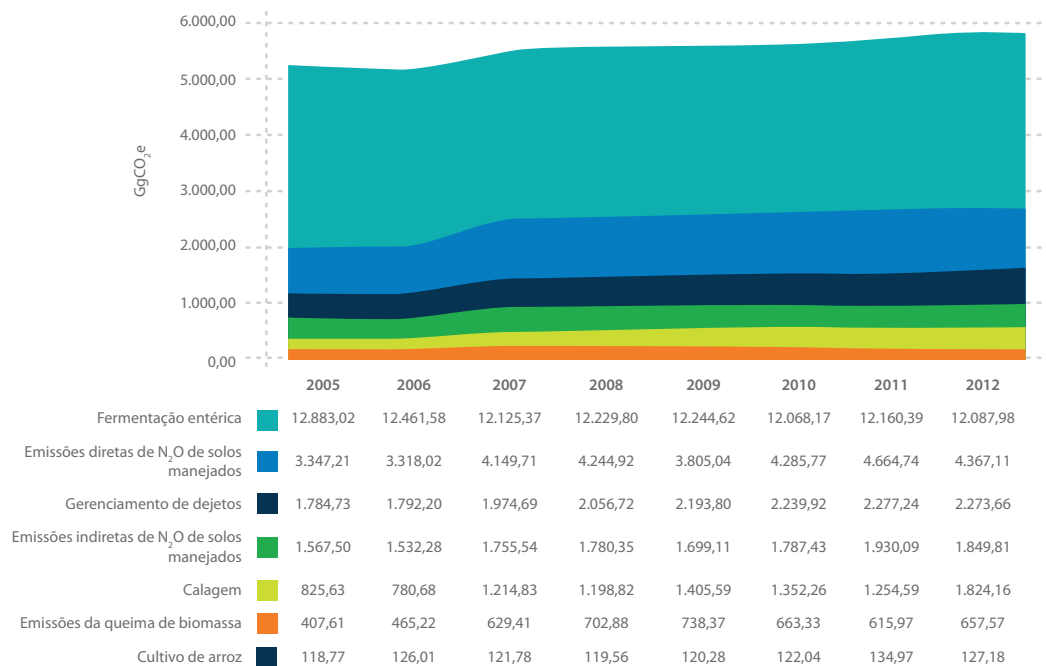
Gráfico 7 Emissões de GEE, em Gg CO₂e, por gás para o setor IPPU, 2005-2012



4.3 AGROPECUÁRIA, FLORESTAS E OUTROS USOS DA TERRA (AFOLU)

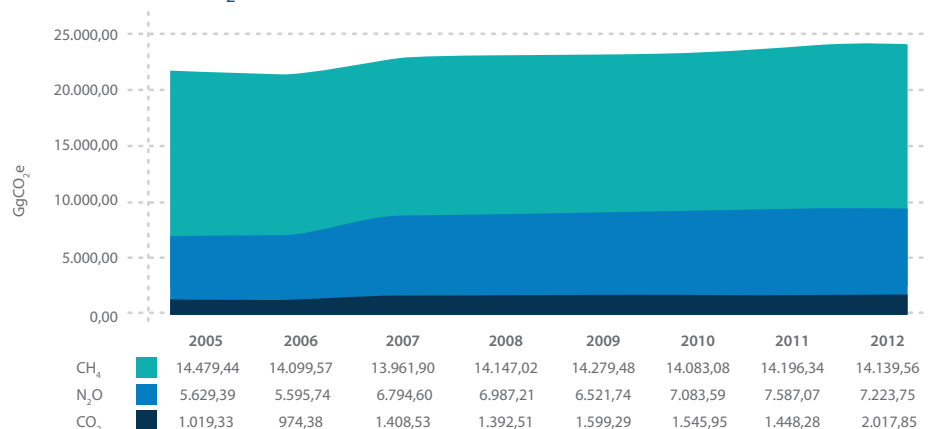
As emissões de gases de efeito estufa do setor AFOLU demonstram que as categorias Fermentação Entérica e Emissões Diretas de N₂O de Solos Manejados são as mais representativas para o setor, emitindo 50% e 16% do total do setor AFOLU, respectivamente (Gráfico 8).

Gráfico 8 Emissões de GEE para as Categorias do setor AFOLU; 2005-2012



Os gases identificados para o setor AFOLU foram CO₂ (Dióxido de carbono), CH₄ (Metano) e N₂O (Óxido nítrico), sendo que o CH₄ foi o gás predominante nos anos de 2005 a 2012, representando mais de 60% das emissões do setor em todos os anos (Gráfico 9).

Gráfico 9 Emissões de GEE (Gg CO₂e) por gás para o setor AFOLU, 2005-2012



4.3.1 Florestas e Outros Usos da Terra

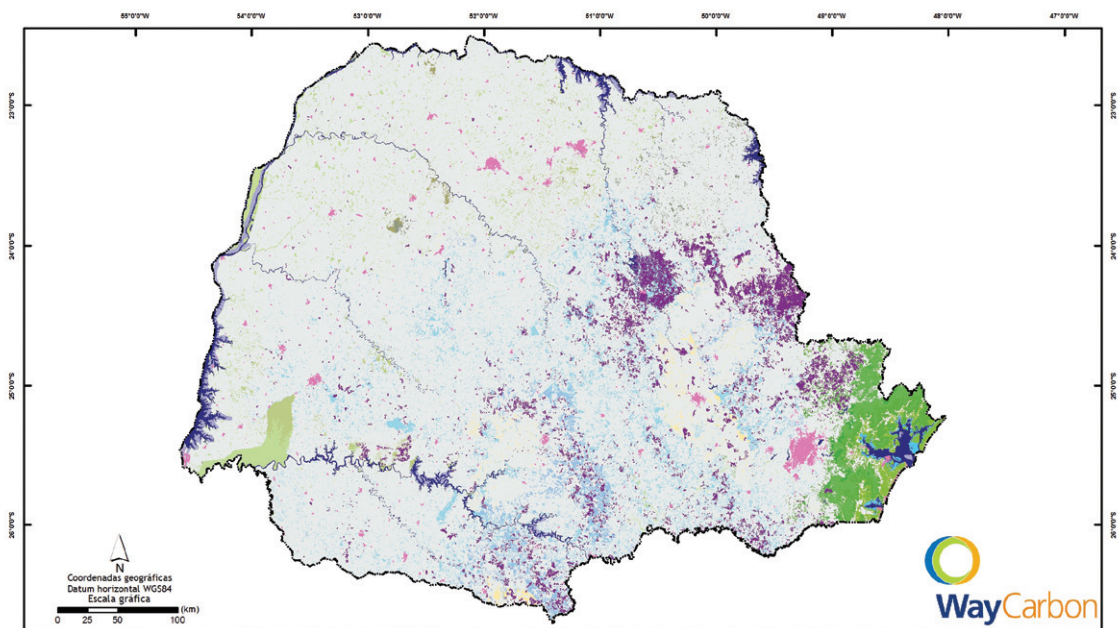
O subsetor de Florestas e Outros Usos da Terra compreende atividades que promovem emissões e remoções antrópicas baseadas em dois mecanismos: I) uso da terra que permanece sob uma mesma classe de uso (e.g. floresta permanecendo como floresta); II) uso da terra que sofre mudança (e.g. pastagem convertida para reflorestamento). Para tal, este subsetor utilizou o Tier 3 em que os modelos e sistemas de quantificação de emissões foram desenhados especificamente para endereçar circunstâncias estaduais. Tal método incluiu a geração de bancos de dados implementados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) contendo informações georreferenciadas de diferentes temas.

Em relação ao período de análise, apesar dos demais setores deste inventário corresponderem aos anos de 2005 até 2012, ano a ano, o subsetor Florestas e Outros Usos da Terra avaliou apenas o ano inicial e final deste período, desconsiderando alterações intermediárias ocorridas entre 2005 e 2012.

Os produtos resultantes da interpretação e classificação das imagens são apresentados na Figura 1 e na Figura 2.

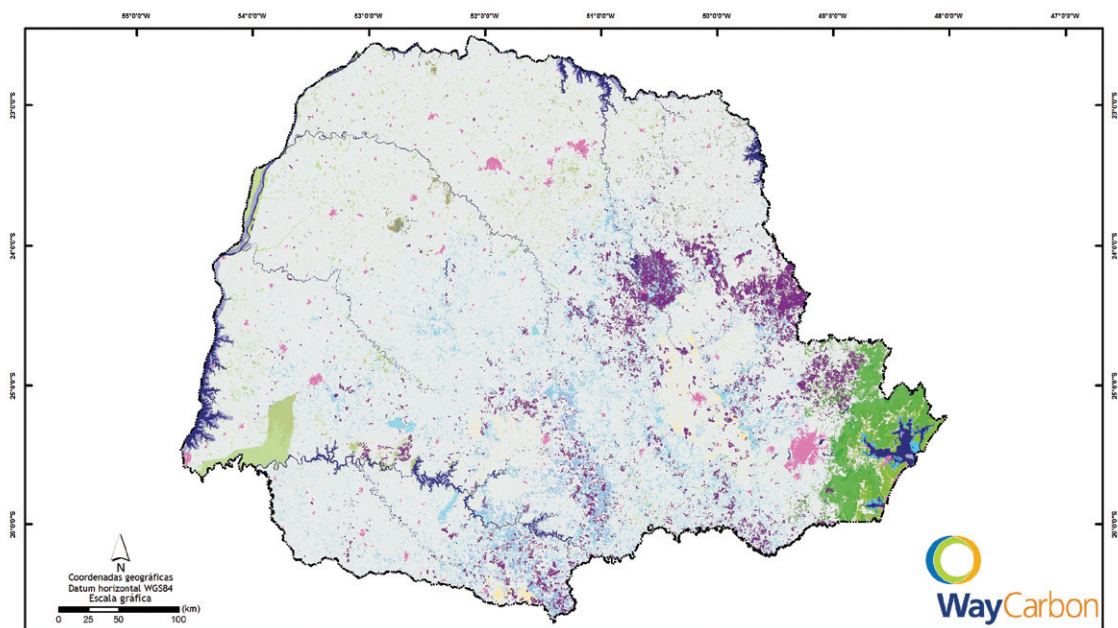
Além de emissões, que podem ser consideradas pouco significantes para o setor (média anual 2005-2012: 193,7 Gg CO₂), foram calculadas também remoções de CO₂, oriundas de Florestas e Outros Usos da Terra. As remoções médias anuais totalizaram expressivos -39.426,28 Gg de CO₂ (Tabela 2). As categorias Terra Convertida em Área Urbana e Terra Convertida em Pastagem contribuíram com emissões, enquanto as categorias Florestas Permanecendo Floresta e Terra Convertida em Florestas contribuíram com as remoções (Tabela 2).

Figura 1 Mapa de Uso e Cobertura da terra em 2005 no Estado do Paraná



- REGIÕES FITOECOLÓGICAS**
- Floresta Estacional Semidecidual - F**
 - Floresta Estacional Semidecidual Montana
 - Floresta Estacional Semidecidual Submontana
 - Floresta Estacional Decidual - C**
 - Floresta Estacional Decidual Aluvial
 - Floresta Estacional Decidual Montana
 - Floresta Estacional Decidual Submontana
 - Floresta Ombrófila Densa - D**
 - Floresta Ombrófila Densa Alto Montana
 - Floresta Ombrófila Densa Aluvial
 - Floresta Ombrófila Densa Montana
 - Floresta Ombrófila Densa Submontana
 - Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas
 - Floresta Ombrófila Mista - M**
 - Floresta Ombrófila Mista Alto Montana
 - Floresta Ombrófila Mista Aluvial
 - Floresta Ombrófila Mista Montana
 - Floresta Ombrófila Mista Submontana
 - Refúgios Vegetacionais - R**
 - Refúgio Alto- Montano
 - Área de Formações Pioneiras - P**
 - Pioneiras com influência Marinha (Restinga)
 - Pioneiras com influência Fluviomarinha (Mangue)
 - Vegetação com influência fluvial e lacustre
 - Savana - S**
 - Savana Arborizada
 - Savana Florestada
 - Savana Gramíneo-Lenhosa
 - Reflorestamento, Florestamento**
 - Área agrícola**
 - Área urbana**
 - Pastagem**
 - Água**
 - Outros**
- Fonte: Elaborado pela WayCarbon

Figura 2 Mapa de Uso e Cobertura da terra em 2012 no Estado do Paraná



- | | | |
|---|---|--|
| REGIÕES FITOECOLÓGICAS | | |
| Floresta Estacional Semidecidual - F | | |
| | Floresta Estacional Semidecidual Montana | |
| | Floresta Estacional Semidecidual Submontana | |
| Floresta Estacional Decidual - C | | |
| | Floresta Estacional Decidual Aluvial | |
| | Floresta Estacional Decidual Montana | |
| | Floresta Estacional Decidual Submontana | |
| Floresta Ombrófila Densa - D | | |
| | Floresta Ombrófila Densa Alto Montana | |
| | Floresta Ombrófila Densa Aluvial | |
| | Floresta Ombrófila Densa Montana | |
| | Floresta Ombrófila Densa Submontana | |
| | Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas | |
| Floresta Ombrófila Mista - M | | |
| | Floresta Ombrófila Mista Alto Montana | |
| | Floresta Ombrófila Mista Aluvial | |
| | Floresta Ombrófila Mista Montana | |
| | Floresta Ombrófila Mista Submontana | |
| Refúgios Vegetacionais - R | | |
| | Refúgio Alto- Montano | |
| Área de Formações Pioneiras - P | | |
| | Pioneiras com influência Marinha (Restinga) | |
| | Pioneiras com influência Fluviomarinha (Mangue) | |
| | Vegetação com influência fluvial e lacustre | |
| Savana - S | | |
| | Savana Arborizada | |
| | Savana Florestada | |
| | Savana Gramíneo-Lenhosa | |
| | Reflorestamento, Florestamento | |
| | Área agrícola | |
| | Área urbana | |
| | Pastagem | |
| | Água | |
| | Outros | |

Fonte: Elaborado pela WayCarbon

Tabela 2

Emissões líquidas médias anuais de CO₂ (Gg) atribuíveis ao subsetor Florestas e Outros Usos da Terra, divididas por subsetor e categoria para o período entre 2005 e 2012

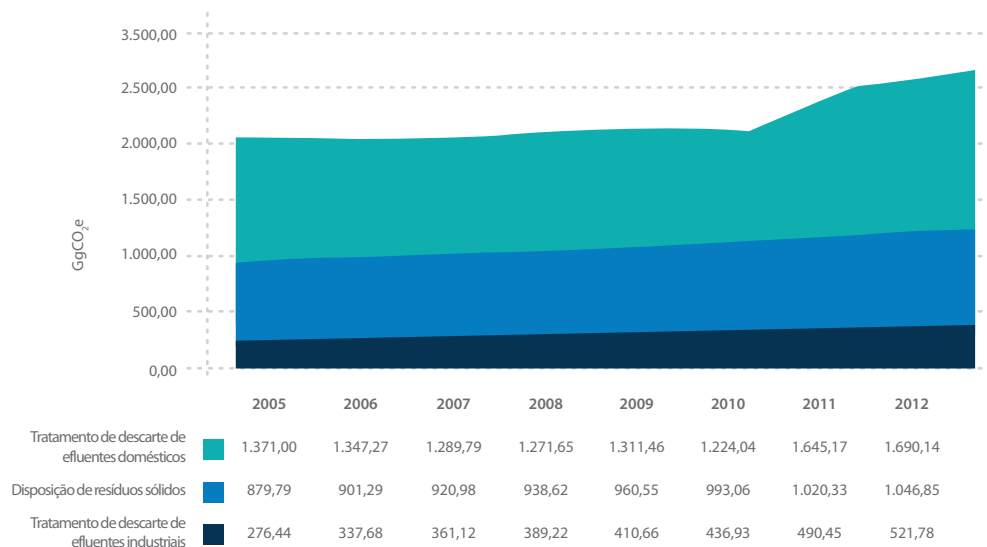
| Subsetor | Categoria | Emissões e remoções por categoria (Gg CO ₂) | Emissões e remoções por subsetor (Gg CO ₂) |
|-------------|---------------------------------|---|--|
| Área urbana | Terra Convertida em Área Urbana | 17,95 | 17,95 |
| Florestas | Floresta Permanecendo Floresta | -39.418,97 | -39.426,28 |
| | Terra Convertida Florestas | -7,31 | |
| Pastagens | Terra Convertida em Pastagem | 175,75 | 175,75 |
| Total | | -39.232,59 | -39.232,59 |

4.4 RESÍDUOS E SANEAMENTO

As emissões do setor Resíduos e Saneamento são compostas principalmente por aquelas ocorridas no tratamento de esgoto e descarte de efluentes domésticos, seguida pela disposição de resíduos sólidos. A estas categorias atribuem-se, durante período 2005-2012, 51% e 35% das emissões total do setor, respectivamente (Gráfico 10).

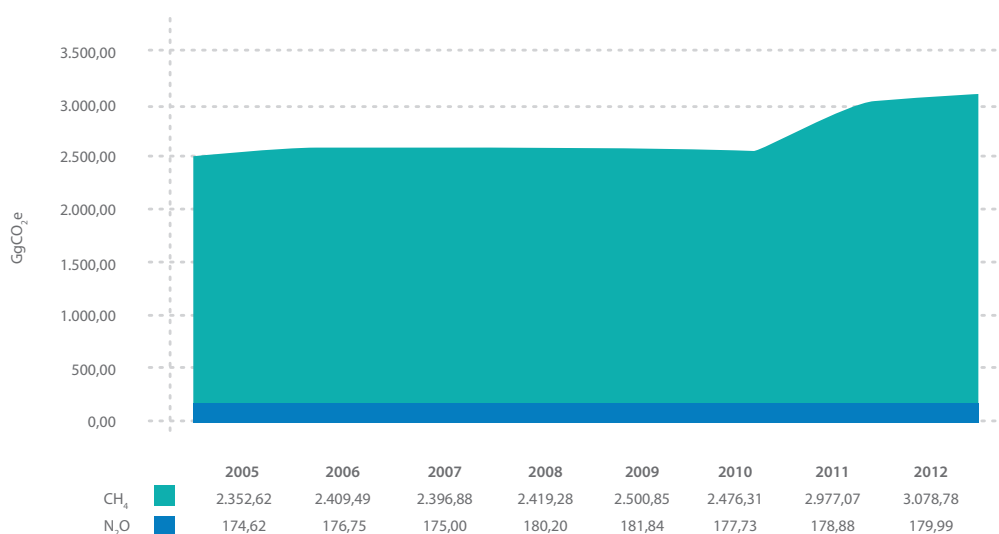
Gráfico 10

Emissões de GEE, em Gg CO₂e, para as Categorias do setor Resíduos e Saneamento, 2005-2012



O gás CH₄ (metano) foi identificado como o principal GEE para o setor Resíduos e Saneamento, apresentando mais de 93% das emissões do setor em todos os anos do inventário (Gráfico 11).

Gráfico 11 Emissões de GEE, em Gg CO₂e, por gás para o setor Resíduos e Saneamento, 2005-2012



5. COMPARAÇÃO COM OUTROS INVENTÁRIOS NO BRASIL

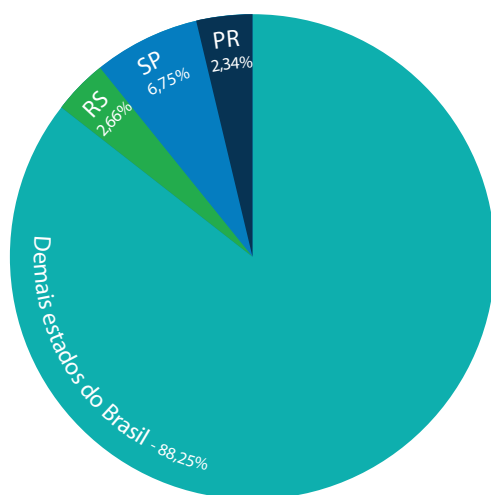
Para efeito desta análise, foram utilizados como referência os inventários de gases de efeito estufa estaduais de São Paulo e Rio Grande do Sul, bem como o Segundo Inventário Nacional. De forma a viabilizar a comparação, foram considerados dados das emissões referentes ao ano de 2005, visto que este é o único período comum ao reporte de todos os inventários ora considerados. Vale ressaltar que as emissões apresentadas não consideram as remoções de GEE do setor Agricultura Florestas e Outros Usos da Terra, exceto para o Segundo Inventário Nacional, em que as emissões e as remoções foram consolidadas em “emissões líquidas”.

5.1 EMISSÕES TOTAIS

As emissões de GEE ocorridas no estado de São Paulo possuem a maior representatividade entre os Estados comparados, com 6,75% das emissões nacionais, seguido pelo Rio Grande do Sul e Paraná, que representaram, respectivamente, 2,66% e 2,34% das emissões correspondentes ao ano de 2005 (Gráfico 12).

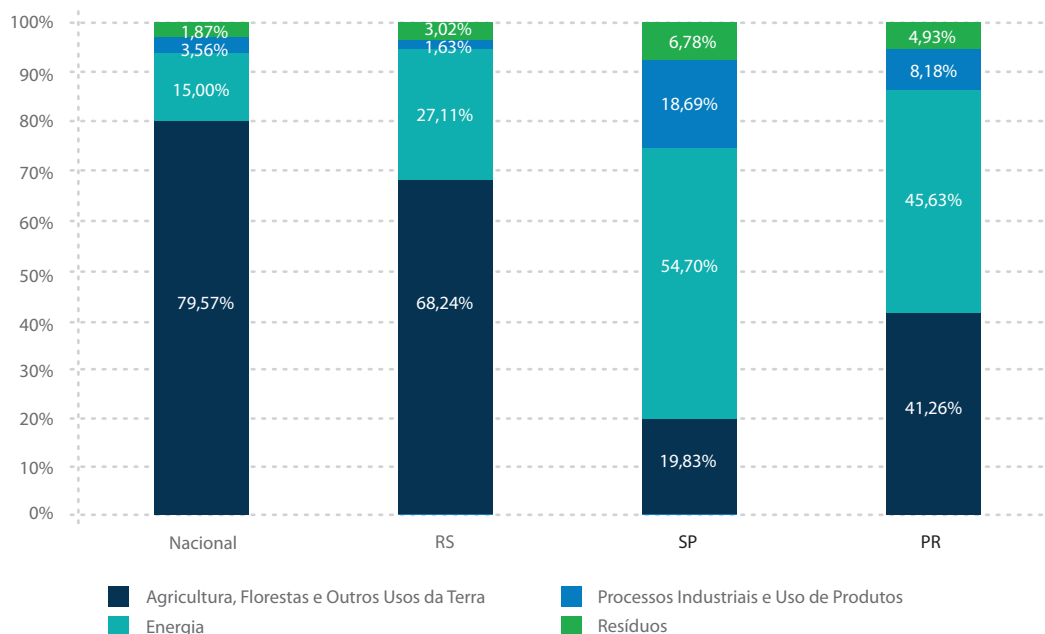
Gráfico 12

Representatividade das emissões dos inventários estaduais com relação às emissões totais brasileiras - 2005



O estado do Paraná apresentou a maior parte de suas emissões (45,63%) advindas do setor Energia, seguidas das emissões do setor Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra (41,63%). Percebe-se um perfil intermediário em relação aos demais inventários já realizados no país, em que o estado de São Paulo tem a maior parte das emissões concentradas no setor Energia (54,7%), enquanto o Rio Grande do Sul e o Inventário Nacional apresentaram perfil onde as emissões advindas de “Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra” excedem o somatório das emissões de todos os outros setores, com resultados de 68,24% e 79,57%, respectivamente (Gráfico 13).

Gráfico 13 Representatividade (%) das emissões setoriais para os inventários estaduais do Rio Grande do Sul, São Paulo e Paraná e para o Segundo Inventário Nacional - 2005



5.2 EMISSÕES PER CAPITA

Entre os relatórios analisados, o estado do Paraná apresentou o segundo menor valor para emissões de GEE per capita, com 4,99 tCO₂e/habitante/ano. O estado com menores emissões per capita em 2005 foi São Paulo, com 3,84 tCO₂e/habitante/ano. O estado do Paraná foi o que apresentou maior valor per capita para o setor energia, com 2,28 tCO₂e/habitante/ano para o ano de 2005 (Tabela 3).

Tabela 3 Emissões per capita (tCO₂e/habitante/ano) relativas a dados de emissão por setor e total dos inventários Nacional, de São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná - 2005

| | Agricultura, Florestas e Outros Usos da Terra | Energia | Processos Industriais e Uso de Produtos | Resíduos | Total |
|----------|---|---------|---|----------|-------|
| Nacional | 9,70 | 1,83 | 0,43 | 0,23 | 12,19 |
| RS | 3,83 | 1,52 | 0,09 | 0,17 | 5,61 |
| SP | 0,76 | 2,10 | 0,72 | 0,26 | 3,84 |
| PR | 2,06 | 2,28 | 0,41 | 0,25 | 4,99 |

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE AGENTES CLIMÁTICOS DE CURTA DURAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ 2005-2012

1. INTRODUÇÃO AOS AGENTES CLIMÁTICOS DE CURTA DURAÇÃO

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), os Agentes Climáticos de Curta Duração ou Poluentes Climáticos de Vida Curta (PCVC ou em inglês *Short-lived Climate Pollutants* - SLCP) são poluentes que apresentam vida relativamente curta na atmosfera (de alguns dias a algumas décadas) e apresentam efeitos nocivos à saúde, ao ambiente e também agravam o efeito estufa. Os principais PCVC são o carbono negro, o ozônio troposférico, o metano e os hidrofluorcarbonetos (HFC) (MMA, 2014).

Os agentes climáticos de curta duração contemplados neste relatório foram carbono negro, CO, NOx e NMVOC.

2. REFERENCIAL METODOLÓGICO ADOTADO

O referencial metodológico adotado para a compilação das emissões de agentes climáticos de curta duração foi o *The Global Atmospheric Pollution Forum Air Pollutant Emission Inventory Manual*.

The Global Atmospheric Pollution Forum Air Pollutant Emission Inventory Manual é o manual desenvolvido pela *BOC Foundation*, a *U.S. Environmental Protection Agency (US EPA)* e a *Swedish International Development Cooperation Agency (Sida)* no âmbito do Fórum Global de Emissões Atmosféricas (*Global Atmospheric Pollution Forum*).

Os dados de atividade considerados foram os mesmos utilizados para o cálculo das emissões de Gases de Efeito Estufa em cada um dos setores, subsetores e categorias classificados pelo IPCC. Os fatores de emissão foram retirados do *The Global Atmospheric Pollution Forum Air Pollutant Emission Inventory Manual*, exceto nos casos em que havia fatores explícitos apresentados pelo Segundo Inventário Nacional.

3. RESULTADOS POR SETOR

A seguir, são descritos para cada setor avaliado os resultados da quantificação de emissões de Carbono Negro, Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de nitrogênio (NOx) e Compostos Orgânicos Voláteis Não-Metano no estado do Paraná para o período entre 2005 e 2012.

3.1 CARBONO NEGRO

As emissões de Carbono Negro são bastante representativas no setor Energia, visto que neste setor encontra-se a maior parte da queima de combustíveis fósseis. Nota-se que, além de ser o setor responsável pela maior parte das emissões, Energia apresentou aumento de 33% nas emissões de Carbono Negro no período entre 2005 e 2012. Já o setor Agropecuária, embora apresente emissões absolutas menos representativas, apresentou variação positiva de 61% ao longo do período (Tabela 4).

Tabela 4 Emissões de Carbono Negro (t) por setor no estado do Paraná para o período entre 2005 e 2012

| | ENERGIA | PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS | AGROPECUÁRIA | TOTAL |
|--------------------|---------|---|--------------|--------|
| 2005 | 15.898 | 1,06 | 2.738 | 18.637 |
| 2006 | 16.158 | 1,18 | 3.125 | 19.284 |
| 2007 | 17.525 | 1,25 | 4.227 | 21.753 |
| 2008 | 18.821 | 1,34 | 4.721 | 23.543 |
| 2009 | 18.606 | 0,94 | 4.959 | 23.566 |
| 2010 | 19.681 | 1,26 | 4.455 | 24.137 |
| 2011 | 20.327 | 1,35 | 4.137 | 24.465 |
| 2012 | 21.216 | 1,25 | 4.416 | 25.634 |
| Variação 2005-2012 | 33% | 18% | 61% | 38% |

3.2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

As emissões de CO são bastante representativas no setor Energia. Nota-se que além de ser o setor responsável pela maior parte das emissões, Energia apresentou aumento de 27% nas emissões de Monóxido de carbono no período entre 2005 e 2012. Para o mesmo período, o setor Agropecuária apresentou variação positiva das emissões em 61%. Já o setor Processos Industriais e Uso de Produtos apresentou variação negativa, com redução de 19% das emissões para o período (Tabela 5).

Tabela 5 Emissões de Monóxido de carbono (t) por setor no estado do Paraná para o período entre 2005 e 2012

| | ENERGIA | PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS | AGROPECUÁRIA | TOTAL |
|-------------------|-----------|---|--------------|-----------|
| 2005 | 844.205 | 3.749 | 235.812 | 1.083.766 |
| 2006 | 884.699 | 3.920 | 269.142 | 1.157.761 |
| 2007 | 918.822 | 3.454 | 364.128 | 1.286.404 |
| 2008 | 990.469 | 2.866 | 406.635 | 1.399.970 |
| 2009 | 975.299 | 2.979 | 427.168 | 1.405.446 |
| 2010 | 1.026.756 | 3.086 | 383.758 | 1.413.599 |
| 2011 | 1.057.159 | 3.678 | 356.354 | 1.417.191 |
| 2012 | 1.075.086 | 3.047 | 380.423 | 1.458.555 |
| Varição 2005-2012 | 27% | -19% | 61% | 35% |

3.3 ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NOx)

As emissões de Óxidos de Nitrogênio (NOx) são bastante representativas no setor Energia, visto que neste setor encontra-se a maior parte da queima de combustíveis fósseis. Nota-se que além de ser o setor responsável pela maior parte das emissões, Energia apresentou aumento de 31% nas emissões de NOx no período entre 2005 e 2012. Já o setor Agropecuária, embora apresente emissões absolutas menos representativas, apresentou variação positiva de 52% ao longo do período (Tabela 6).

Tabela 6 Emissões de NOx (t) por setor no estado do Paraná para o período entre 2005 e 2012

| | ENERGIA | PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS | AGROPECUÁRIA | TOTAL |
|--------------------|---------|---|--------------|---------|
| 2005 | 207.211 | 20 | 27.060 | 234.292 |
| 2006 | 209.272 | 22 | 29.319 | 238.613 |
| 2007 | 211.814 | 24 | 39.379 | 251.216 |
| 2008 | 229.235 | 25 | 42.713 | 271.974 |
| 2009 | 228.993 | 18 | 44.265 | 273.276 |
| 2010 | 248.781 | 24 | 40.256 | 289.061 |
| 2011 | 262.974 | 26 | 39.703 | 302.702 |
| 2012 | 270.941 | 24 | 41.167 | 312.131 |
| Variação 2005-2012 | 31% | 18% | 52% | 33% |

3.4 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NÃO-METANO (NMVOC)

As emissões de NMVOC são bastante representativas nos setores Energia e Agropecuária. Nota-se que apesar de o setor Energia ainda ser o responsável pela maior parte das emissões, o aumento nas emissões de NMVOC deste setor foi de apenas 16% no período entre 2005 e 2012, enquanto, para o setor Agropecuária, chegou a 61%. Já o setor Processos Industriais e Uso de Produtos apresentou variação negativa, com redução de 22% das emissões para o período (Tabela 7).

Tabela 7 Emissões de NMVOC (t) por setor no estado do Paraná para o período entre 2005 e 2012

| | ENERGIA | PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS | AGROPECUÁRIA | TOTAL |
|-------------------|---------|---|--------------|---------|
| 2005 | 67.146 | 2.051 | 35.708 | 104.905 |
| 2006 | 69.918 | 2.132 | 40.755 | 112.805 |
| 2007 | 71.192 | 1.844 | 55.138 | 128.174 |
| 2008 | 77.108 | 1.479 | 61.575 | 140.161 |
| 2009 | 77.639 | 1.614 | 64.684 | 143.936 |
| 2010 | 80.999 | 1.623 | 58.110 | 140.732 |
| 2011 | 83.428 | 1.960 | 53.961 | 139.349 |
| 2012 | 77.777 | 1.601 | 57.605 | 136.983 |
| Varição 2005-2012 | 16% | -22% | 61% | 31% |



SUBSÍDIOS PARA PROPOSTAS DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GEE SETORIZADAS PARA O ESTADO DO PARANÁ

O inventário de emissões de GEE é um importante instrumento para o estabelecimento de políticas públicas de gestão climática. Nesse sentido, seus resultados podem ser utilizados para a identificação de perfis e de dinâmicas de crescimento dessas emissões, bem como priorização de setores para potenciais ações de mitigação a serem desenvolvidas.

Nesta seção apresentam-se projeções de emissões elaboradas para subsidiar políticas de redução de emissões do Estado, bem como o impacto estimado de 3 políticas selecionadas que, mesmo que de forma não intencional, resultem em alterações na dinâmica de emissões de GEE do Estado. Por fim, recomenda-se a realização de uma análise aprofundada da custo-efetividade das ações de mitigação disponíveis para o estado do Paraná, com vistas à adoção de metas de redução de emissões de GEE e de aumento de sequestro de carbono.

Para a construção dos cenários de emissões de GEE para os quatro setores considerados no Inventário de Emissões Antrópicas diretas e indiretas de Gases de Efeito Estufa 2005-2012 (Energia, IPPU, AFOLU e Resíduos e Saneamento), foram considerados três diferentes conjuntos de premissas quanto ao comportamento futuro desses setores, brevemente descritas a seguir:

Cenário A: Cenário de linha de base utilizado para definição das metas setoriais de redução de emissões de GEE no Brasil. À exceção do setor IPPU, cuja linha de base adotada parte dos critérios projetados pelo Plano Indústria, esse cenário corresponde ao cenário de referência estabelecido na [Política Nacional de Mudanças Climáticas](#). Nesse cenário, foram aplicadas as mesmas metodologias empregadas na elaboração das projeções das emissões de GEE em cada setor até o ano de 2020, conforme descrito no Decreto 7.390/2010.

Cenário B: Cenário de baixo carbono, conforme o nível inferior da meta definida pela Política Nacional de Mudanças Climáticas (redução de 36,1% das emissões projetadas no cenário de referência). A construção desse cenário consistiu na aplicação de uma taxa de crescimento das emissões de GEE em cada setor de forma a se atingir a meta nacional de redução de emissões, considerando a participação do estado do Paraná no volume nacional de emissões de cada setor.

Cenário C: Cenário tendencial. Esse cenário consistiu na extrapolação das emissões de GEE em cada setor por meio da aplicação, ao período 2013-2020, da taxa de crescimento média das emissões observada no período 2005-2012.

Por meio da Política Nacional de Mudanças Climáticas (PNMC), o Brasil assumiu o compromisso voluntário de promover uma redução entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas para o ano de 2020.

Gráfico 14 Resultados dos cenários de emissões de GEE do setor Energia

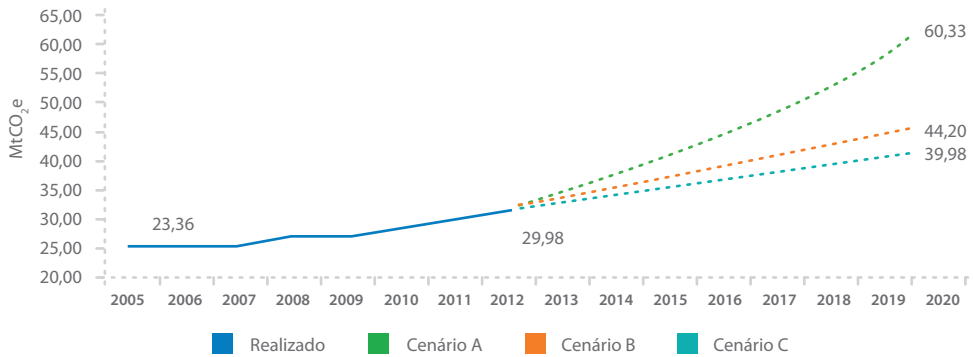


Gráfico 15 Resultados dos cenários de emissões de GEE do setor IPPU

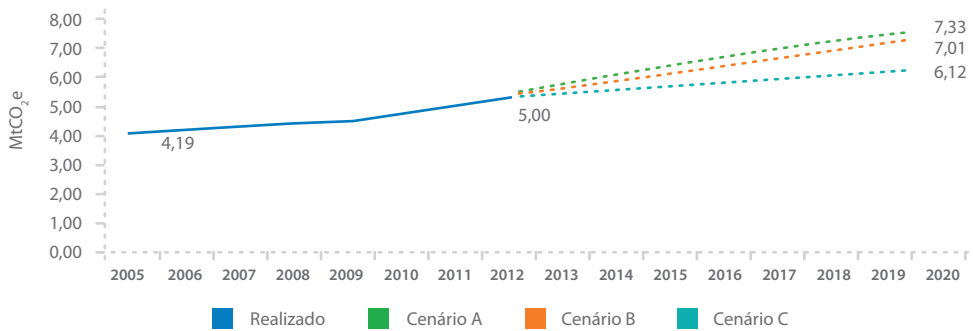


Gráfico 16 Resultados dos cenários de emissões de GEE do setor Resíduos

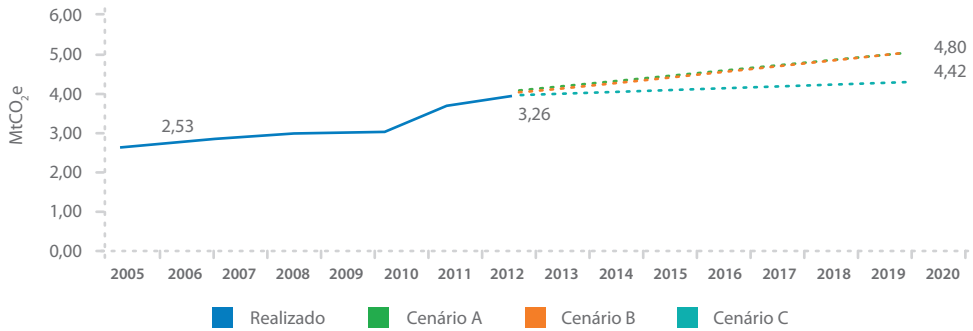
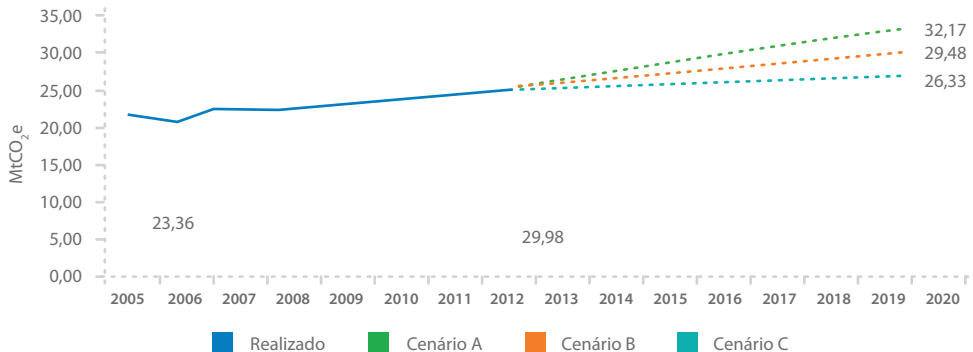


Gráfico 17 Resultados dos cenários de emissões de GEE do setor AFOLU



Os resultados obtidos na aplicação dos cenários A, B e C para os anos 2013 a 2020 do setores Energia, IPPU, Resíduos e AFOLU no Paraná estão apresentados nos Gráfico 14 a 17, respectivamente.

O cenário tendencial (Cenário C) projeta emissões em níveis inferiores às dos cenários projetados na PNMC devido à diferença nas metodologias utilizadas. Em resumo, por um lado as emissões projetadas no cenário tendencial extrapolam o ritmo de crescimento das emissões inventariadas para o estado do Paraná enquanto, por outro lado, as emissões projetadas na PNMC levam em consideração uma taxa de crescimento do PIB superior àquela observada durante o período compreendido no presente inventário, bem como as projeções de oferta e demanda energética utilizadas no Plano Nacional de Energia 2030.

Em conjunto, os cenários apresentados devem ser interpretados como o intervalo de possibilidades entre a projeção conservadora baseada na extrapolação das taxas passadas de crescimento de emissões no estado do Paraná e uma projeção fundamentada no alto crescimento econômico e na ausência de ações de mitigação, adotada como cenário de referência na PNMC.

Por fim, o exercício de modelagem de cenários avaliou o potencial de mitigação de ações governamentais em curso nos setores de transportes, agropecuária e resíduos, respectivamente, “Plano Estadual de Logística e Transporte do Paraná”, “Plano ABC” e “Paraná sem Lixões”. No entanto, um levantamento aprofundado de diversas ações de mitigação de emissões de GEE permitirá que o estado eleja as ações mais prioritárias, isto é, aquelas capazes de promover a mitigação das emissões mais significativas de maneira mais custo-efetiva.

