

Nota Metodológica
– SEEG 5.0 –
Setor de Resíduos

Coordenação Técnica

ICLEI – Local Governments for Sustainability

Equipe Técnica

Iris Coluna

Igor Reis de Albuquerque

(Revisão Externa Pendente)

Outubro, 2017

Sumário

1.	Introdução.....	4
1.1	Descrição do Setor.....	5
1.2	Escopo de emissões do Setor de Resíduos	5
2.	Metodologia de Cálculo	8
2.1	Disposição de resíduos sólidos.....	8
2.2	Tratamento de Efluentes Domésticos.....	11
2.3	Tratamento de Efluentes Industriais	13
2.4	Incineração de resíduos sólidos.....	15
3.	Qualidade de dados.....	17
4.	Resultados.....	22
5.	Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional.....	26
6.	Bibliografia	27
7.	Anexo	29
7.1	Anexo 1	29
7.2	Anexo 2	33

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Coeficientes para estimativa da TaxaMSW em 1970.....	8
Tabela 2 – Coeficientes para estimativa do DOC (1970-2010).....	10
Tabela 3 – Qualidade de dados recentes de 1990 a 2016.....	17
Tabela 4 – Qualidade dos Dados Históricos (1970-2016):.....	19
Tabela 5 – Qualidade da Alocação nos Estados.....	20
Tabela 6 – Emissões totais (M toneladas de CO ₂ e -GWP –AR5) do setor por resíduos sólidos e líquidos (1970-2016)	22
Tabela 7 – Emissões totais por tipo de GEE (mil toneladas) em anos de interesse	23
Tabela 8 – Emissões totais desagregadas por UFs (Mil toneladas de CO ₂ e -GWP –AR5) em anos de interesse.....	24
Tabela 9 – Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional (MCTI, 2016).....	26
Tabela 10 – Valores de k por macrorregião,	30
Tabela 11 – Emissões de CH ₄ provenientes da disposição final de RSU pelo método FOD em anos de interesse	31
Tabela 12 – Emissões de CO ₂ e provenientes da disposição final de RSU pelo método FOD em anos de interesse	31
Tabela 13 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos coletados em 1989 e 2008 ..	33
Tabela 14 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos não coletado para os anos de 1991, 2000 e 2010.....	34
Tabela 15 - Moradores em domicílios particulares com esgotamento sanitário por região - 2003-2009 e 2011 e 2014(%)	35
Tabela 16 – Emissões totais de CH ₄ pela segunda abordagem SEEG e do Inventário Nacional. 35	

Lista de Quadros

Quadro 1 – Caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos.....	4
Quadro 2 – Tipos de gás emitidos por cada subsetor	7

Lista de Figuras

Figura 1 – Comparação entre as emissões de CH ₄ estimadas pelo Método Compromisso de Metano e FOD	31
Figura 2 – Comparação entre as emissões de CH ₄ estimadas pelo método FOD/ SEEG e resultados do Inventário Nacional	32
Figura 3 - Comparação entre as emissões de CH ₄ estimadas pelo SEEG e resultados do Inventário Nacional	36

1. Introdução

O saneamento ambiental é o conjunto de medidas que tem como objetivo preservar ou modificar as condições do meio ambiente, com o intuito de melhorar a qualidade de vida da população, seja com a prevenção de doenças ou a promoção de melhorias em saúde. Nesse sentido, o saneamento caracterizado pelos componentes de abastecimento de água, manejo de resíduos sólidos, esgotamento sanitário e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Conceitualmente, esses componentes podem ser considerados adequados ou inadequados, considerando indicadores e variáveis que caracterizam o acesso domiciliar aos serviços de saneamento. A caracterização do atendimento e déficit de esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos, componentes diretamente responsáveis pela significativa emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos

Componente	Atendimento Adequado	Déficit	
		Atendimento Precário	Sem Atendimento
Esgotamento Sanitário	Coleta de efluentes, seguida de tratamento; Uso de fossa séptica (tratamento in situ);	Coleta de efluentes, não seguida de tratamento; Uso de fossa rudimentar;	Todas as situações não enquadradas nas definições de atendimento e que se constituem em práticas consideradas inaquequadas
Manejo de Resíduos Sólidos	Coleta direta, na área urbana, com frequência diária ou em dias alternados e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos; Coleta direta ou indireta, na área rural, e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos	Dentre o conjunto com coleta, a parcela: Na área urbana com coleta indireta ou direta, cuja frequência não seja pelo menos em dias alternados; E, ou, cuja destinação final dos resíduos seja ambientalmente adequada;	

Apesar de contar com avanços nos últimos anos, o saneamento ambiental no Brasil ainda está distante da universalização, da eficiência e da qualidade necessária para garantir a adequação ambiental e a melhoria da saúde pública da população brasileira.

As Leis Federais que instituem a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei 11.445/2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) constituem importantes marcos legais que estabelecem novos princípios, instrumentos e definem responsabilidades. Estas legislações, associadas a uma maior demanda da sociedade e a efetiva ação dos órgãos públicos (ambientais, de saneamento, ministério público, dentre outros) possuem o potencial de proporcionar um novo impulso para a gestão de resíduos no Brasil.

1.1 Descrição do Setor

O setor inclui a estimativa de emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) provenientes do tratamento intermediário e disposição final de resíduos sólidos urbanos, incineração de resíduos industriais e de serviço de saúde e tratamento e afastamento de efluentes líquidos domésticos e industriais.

Os resíduos de atividades agropecuárias, como por exemplo a disposição de dejetos animais e a incineração de restos de culturas agrícolas não estão inclusos neste setor, sendo apenas contabilizados nas estimativas de emissões do setor agropecuário.

1.2 Escopo de emissões do Setor de Resíduos

Os processos geradores de emissões de gases do efeito estufa do setor de Resíduos estão estruturados e serão sucintamente descritos de acordo com a classificação do IPCC e do 3º Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de GEE.

1.2.1 Resíduos Sólidos

Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Resíduos sólidos urbanos caracterizam-se como resíduos domésticos gerados em áreas urbanas, incluindo materiais decorrentes de atividades de varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e outros serviços de limpeza (Brasil, 2010a). É considerada a questão mais problemática do setor de resíduos: estima-se que, globalmente, é gerado 1,5 bilhão de toneladas (Gt) de RSU anualmente, com previsão de aumento para aproximadamente 2,2 Gt para o ano de 2025 (IPCC, 2014). De acordo com o quinto relatório de avaliação (AR5)¹ do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês), do total atual de resíduos gerados no ambiente urbano em todo planeta, cerca de 300 milhões de toneladas (Mt) são reciclados, 200 Mt são tratados com recuperação energética, 200 Mt dispostos em aterros sanitários e 800 Mt são destinados a aterros controlados ou vazadouros à céu aberto.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos urbanos podem ter disposição final adequada em aterros sanitários ou podem ser dispostos inadequadamente em aterros controlados e lixões. Em ambas as formas de disposição, a fração orgânica passa por um processo de degradação anaeróbica, devido a atuação de bactérias metanogênicas, resultando na formação de gás metano.

Incineração de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e Resíduos Sólidos Industriais (RSI)

A incineração é um processo termoquímico de tratamento de resíduos, consiste na combustão de resíduos sólidos e líquidos em plantas controladas, com conseqüente redução do volume e das características de periculosidade dos resíduos.

Também descrito na PNRS como destinação final, a incineração é uma rota tecnológica alternativa para o tratamento intermediário de resíduos sólidos, no entanto no Brasil é um processo utilizado principalmente para resíduos de serviços de saúde e resíduos industriais.

¹ As avaliações do IPCC fornecem uma base científica para que os governos em todos os níveis desenvolvam políticas associadas ao enfrentamento às mudanças climáticas. Os relatórios são escritos por centenas de cientistas líderes que oferecem seu tempo e experiência como coordenadores e autores dos estudos. Disponível em <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg3/ipcc_wg3_ar5_chapter10.pdf> Acesso em 12 de junho de 2017

Neste tipo de tratamento, a combustão da fração de origem fóssil dos resíduos é a responsável pelas emissões de CO₂. A fração de matéria orgânica do resíduo também pode contribuir com a emissão de CO₂ quando processada termicamente, porém, por ser considerada biogênica, ela não é adicionada às emissões de GEE.

Além de dióxido de carbono, também ocorre a geração de N₂O. A emissão desse GEE varia em função do tipo de incinerador, do tipo de resíduo, da temperatura e do tempo de permanência no incinerador.

O presente estudo estima as emissões de CO₂ e N₂O decorrentes do processo de incineração de resíduos sólidos. Para tanto, são utilizados dados como quantidade, composição do resíduo incinerado e tecnologia de incineração, a escassez desses dados elevam a incerteza da estimativa das emissões. Nota-se a necessidade de criação de uma base de dados nacional sobre o tema, a fim de ter uma visão mais acurada do subsetor de Incineração.

1.2.2 Efluentes Líquidos

O esgotamento sanitário se constitui pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequada de efluentes domésticos, desde as ligações prediais até seu lançamento final no meio ambiente (MADEIRA, 2010).

Efluentes líquidos são gerados a partir de uma variedade de atividades, que podem ser domésticas, comerciais ou industriais. O tipo de atividade da qual o efluente é gerado impacta diretamente a composição das águas servidas e, portanto, seu potencial de emissão de GEE.

O material originado, por sua vez, pode ser tratado in situ (não coletado), coletado e tratado em estações de tratamento ou descartado diretamente em corpos hídricos (IPCC, 2006). No geral, países desenvolvidos apresentam sistemas centrais com tratamentos aeróbicos/anaeróbicos, enquanto países em desenvolvimento caracteristicamente possuem baixas taxas de coleta e tratamento de efluentes líquidos.

Efluentes Líquidos Domésticos

O efluente doméstico tem alto teor de carga orgânica, que quando decomposta, pode gerar significativa emissão de CH₄. Estas emissões diferem conforme o tipo de tratamento aplicado, atingindo maiores quantidades com tratamentos em meios anaeróbios. O tratamento de efluente doméstico também emite óxido nitroso (N₂O), decorrente da degradação de componentes de nitrogênio (como, por exemplo, ureia, nitratos e proteínas).

Efluentes líquidos Industriais

Para analisar as estimativas do setor, foram classificadas as indústrias estratégicas que geram grande volume de DBO no Brasil. De acordo com o Relatório de Referência do Setor de Tratamento de Resíduos do Terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa, elaborado pelo MCTI, os nove setores produtivos indicados abaixo são responsáveis por mais de 97% da carga orgânica industrial no país:

i) Produção de açúcar; (ii) Produção de álcool; (iii) Produção de cerveja; (iv) Produção de carne bovina; (v) Produção de carne suína; (vi) Produção de carne avícola; (vii) Produção de leite cru; (viii) Produção de leite pasteurizado e (ix) Produção de celulose e papel.

Os efluentes industriais apresentam diferentes cargas de material orgânico dependendo do setor do processo industrial, pode ser responsável por emitir quantidades significativas de CH₄ dependendo das condições sob dos tipos de tratamento disposição adotada.

O Quadro 2 apresenta a compilação dos tipos de GEE provenientes do tratamento e afastamento de resíduos, bem como a contribuição específica de cada subsetor.

Quadro 2 – Tipos de gás emitidos por cada subsetor

Fonte de Emissão	CO₂	CH₄	NO₂	HFCs	CF₄	C₂F₆	SF₆	NOx	CO	NMVOC
Disposição de Resíduos										
Incineração de Resíduos										
Efluentes domésticos										
Efluentes industriais										
Resíduos										

De acordo com o IPCC, inventários devem ser completos, acurados, transparentes, comparáveis, consistentes e serem submetidos a processos de controle de qualidade. O presente estudo foi elaborado dentro destas premissas, considerando a disponibilidade de dados sobre a gestão de resíduos no Brasil.

No geral, as emissões foram quantificadas a partir da análise da unidades da federação (UFs) e com a soma da contribuição estadual, obteve-se o total nacional. Foram considerados dados oficiais de diferentes plataformas, bem como informações disponíveis Relatório de Referência “Setor Tratamento de Resíduos” (MCTI, 2015), parte integrante do 3º Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Diante da ausência de dados de atividades, algumas hipóteses simplificadoras e correlações matemáticas foram aplicadas.

Para cada um dos tópicos analisados é fundamental entender índices de geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos e líquidos, de modo a se realizar a estimativa de emissões. Os tipos de destinação (especialmente a distinção entre processos anaeróbios e aeróbios) podem oferecer um potencial maior ou menor de emissões. As condições climáticas (temperatura e umidade) locais também podem impactar positivamente ou negativamente as emissões geradas.

2. Metodologia de Cálculo

2.1 Disposição de resíduos sólidos

As estimativas de emissões por Estado do período de 1970 a 2016 foram calculadas com a aplicação do método de Comprometimento de Metano, para tanto se obtém dados sobre a taxa de urbanização no Brasil, a quantidade de RSU coletados, potencial de produção de metano e eficiência do processo, tendo as seguintes fontes de dados:

O modelo metodológico Compromisso de Metano (CM), classificado como tier 1 nas diretrizes do IPCC de 2000, quantifica as emissões a partir da disposição final de resíduos sólidos em determinado ano. A metodologia parte do pressuposto que todo componente orgânico degradável disposto em aterros produz metano de forma imediata, contrapõem-se a metodologia de Decaimento de Primeira Ordem, empregada no Inventário Nacional, que de forma mais precisa, assume que a emissão se dá de forma mais intensa em um primeiro momento e posteriormente ocorre de forma gradativa.

A emissão de metano pela disposição final de RSU é definida de acordo com a equação a seguir:

$$Q(t)CH_4 = \Sigma(MSW_t * L_o * (1 - frec) * (1 - OX))$$

Onde:

Q(t): Quantidade de metano gerado no ano t [t]

MSW_t: Quantidade total de RSU dispostos em aterramento de tipo "x" [t]

A quantidade total de RSU dispostos em aterros sanitários, controlados e lixões foi obtida a partir da metodologia reproduzida no Relatório de Referência. A taxa de coleta per capita foi estipulada com a aplicação da equação a seguir e dos coeficientes observados na Tabela 1:

$$TaxaMSW(t)i = a \times Pop_{urb} + b$$

Onde:

TaxaMSW: Taxa de coleta de MSW - [kgMSW.(hab.dia)⁻¹]

Pop_{urb}: População Urbana - [1000hab]

a: Coeficiente angular - [kgMSW.(1000hab².dia)⁻¹]

b: Coeficiente linear - [kgMSW.(hab.dia)⁻¹]

t: ano - [1970]

Tabela 1 – Coeficientes para estimativa da TaxaMSW em 1970

Ano	Região	Condição	Coeficiente Angular (a)	Coeficiente Linear (b)
1970	Brasil	$Pop_{urb} \leq 100 \text{ mil hab}$	0	0,400
		$100 \text{ mil hab} < Pop_{urb} \leq 500 \text{ mil hab}$	0,000250	0,375
		$500 \text{ mil hab} < Pop_{urb} \leq 1 \text{ milhão hab}$	0,000400	0,300
		$Pop_{urb} > 1 \text{ milhão hab}$	0	0,700

A análise do Censo Demográfico de 1970 permitiu a obtenção de informações populacionais desagregadas por municípios no respectivo ano de referência. Com a definição das condicionantes populacionais, foram aplicados os coeficientes angulares e lineares à cada município, resultando nas taxas de coleta per capita. Posteriormente, as taxas per capita foram multiplicadas pela população urbana municipal, obtendo-se o total de RSU coletado diariamente para cada UF em 1970.

Para o período de 1971-2008, os dados foram interpolados linearmente e a partir de 2008, as informações referentes à taxas diárias de coleta total de RSU de todas as UFs foram obtidas por meio dos panoramas anuais da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2008-2016).

A abordagem estadual também foi considerada para determinar a quantidade de resíduos sólidos encaminhados para aterros de tipo “x”, que podem ser aterros controlados, aterros sanitários e lixões. A proporção de RSU dispostos de forma ambientalmente adequada, em aterros sanitários; de forma inadequada, em aterros controlados e lixões, foram obtidas nos panoramas anuais da ABRELPE para os anos posteriores a 2008 e foram aplicadas correlações matemáticas até 1990, ano em que se observa, de forma mais significativa, o encaminhamento de resíduos para aterros sanitários (Jucá, 2013).

L_0 : Potencial de Geração de Metano - definido de acordo com a equação a seguir:

$$L_0 = MCF * DOC * DOCf * 16/12$$

MCF: Fator de correção do metano referente ao gerenciamento dos locais de disposição [adimensional].

Valores default estabelecidos pelo IPCC, com diferenças por tipo de disposição final

1 para aterros sanitários;

0,8 para aterros controlados;

0,4 para lixões

Isto implica que o Potencial de Geração de Metano é maior quando resíduos são dispostos de forma ambientalmente inadequada.

DOC: Carbono orgânico degradável

Variável relacionada com a composição gravimétrica de RSU. Os valores de DOC foram calculados por meio da aplicação de regressões lineares regionais ou estaduais descritas no Relatório de Referência do setor, conforme as equações e coeficientes a seguir. Destaca-se que mais 100 análises de RSU de diferentes cidades entre 1970 e 2010 foram consideradas para a determinação dos coeficientes (Tabela 2).

$$DOC(t) = a \times t + b$$

Onde:

a: Coeficiente angular

b: Coeficiente linear

t: tempo

Tabela 2 – Coeficientes para estimativa do DOC (1970-2010)

Região	Estado	Coeficiente	
		Angular (a)	Linear (b)
Nordeste	Todos	-0,00244391	5,03562584
Centro-Oeste	Todos	-0,00172315	3,61033161
Norte	Todos	-0,00244391	4,96084385
Sudeste	-	-0,00159636	3,33517388
	MG	-0,00199604	4,13078301
	SP	-0,00289647	5,95999025
	RJ	-0,00289647	5,95999025
Sul	-	-0,00419093	8,52845781
	SC	-0,00235783	4,89901240

Devido a ausência de informações consolidadas a nível estadual, os valores de 2010 foram extrapolados para os anos posteriores.

DOCf: Fração do DOC que degradável[adimensional]

Parâmetro com valor default de 0,5 indicado nas diretrizes do IPCC

F: Fração de metano no biogas [adimensional]

Parâmetro com valor default de 0,5 descrito nas diretrizes do IPCC

16/12: Razão de conversão de carbono (C) para metano (CH₄) [adimensional]

Frec: Fator de Recuperação de Metano

Variável referente à recuperação de metano, por meio da queima ou aproveitamento energéticos. O frec foi quantificado a partir de dados fornecidos no Relatório de Referência, dividindo-se os valores de recuperação de gás metano estadual pelas emissões totais da UF de origem. Também foi assumido que para aterros controlados e lixões o fator de recuperação é considerado nulo.

OX: Fator de Oxidação

Representa a quantidade de CH₄ que sofre oxidação no solo ou material de cobertura. Conforme o IPCC (2000), os aterros sanitários tendem a possuir maior OX que em locais sem gerenciamento. Utiliza-se o valor de 0,1 para aterros sanitários e 0,0 para aterros controlados e lixões.

Na atual versão do SEEG, buscou-se realizar um exercício inicial para estimar as emissões de GEE relacionadas à disposição de RSU pelo método de Decaimento de Primeira Ordem, replicando a abordagem descrita nas diretrizes do IPCC e nas comunicações nacionais. A metodologia utilizada, bem como os resultados obtidos estão descritos no Anexo 1.

Fatores de emissão utilizados

Os fatores de emissão, compatíveis com a comunicação nacional, utilizados para o cálculo de emissões do setor foram obtidos direta e indiretamente no Relatório de Referência do setor e nas diretrizes do IPCC

Modo de recepção e sequência de tratamento dos dados

Fontes de dados:

IBGE - População Urbana e total- Censos 1970, 1991, 2000 e 2010. Os dados dos Censos estão disponíveis em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>

ABRELEPE - Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2003-2016), disponíveis em www.abrelpe.org.br

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa

Os dados obtidos foram compilados no formato de planilha eletrônica e tratados a fim de se obter uma análise estadual no programa Microsoft Excel.

Softwares utilizados

Microsoft Excel e Adobe Acrobat Reader

Método de Alocação das Emissões por Estado

A alocação das emissões por cada estado foi feita em relação à quantidade de RSU coletada e tipos de disposição adotadas por cada UF, processo intrínseco a metodologia adotada.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Para o período em que se registrou a ausência de informações, foi utilizado o método de interpolação linear para estimar as taxas de coleta de RSU por estado e correlações matemáticas para definir os tipos de encaminhamento adotados para a disposição final de RSU. Os valores de DOC para os anos não quantificados no 3º Inventário Nacional foram extrapolados em relação ao ano de 2010.

2.2 Tratamento de Efluentes Domésticos

O método utilizado no Terceiro Inventário Brasileiro para estimar as emissões de GEE relacionadas à disposição e tratamento de efluentes utiliza como base as diretrizes do IPCC. Inclui-se a estimativa de emissões de CH₄ proveniente de diferentes tipos de tratamento de forma ambientalmente adequada e inadequada.

A estimativa de emissão de CH₄ pelo tratamento e afastamento de efluentes domésticos pode ser definida de acordo com a seguinte Equação:

$$CH_4 \text{ emissões} = [TOW_{dom} \times FE] - R]$$

Onde:

CH₄ Emissões: Quantidade de metano gerada ao ano [kg CH₄/ano]

TOW_{dom}: Efluente doméstico orgânico total [kg DBO/ano]

FE: Fator de emissão [kg CH₄/kg DBO] R: CH₄ recuperado ao ano [kg CH₄/ano]

Onde:

A Equação a seguir estima o efluente doméstico orgânico total:

$$TOW_{DOM} = [Pop \times D_{dom}]$$

Onde:

Pop_{urb}: População urbana [habitantes]

D_{dom}: Componente orgânico degradável do efluente doméstico [kg DBO/ 1.000 pessoas.ano]

Para determinar o fator de emissão (FE) para efluentes domésticos utiliza-se a equação a seguir:

$$FE = B_0 \times \sum_x (WS_{i,x} \times MCF_x)$$

Onde:

B_0 : Capacidade máxima de produção de metano [kg CH₄/kg DBO]ou [kg CH₄/kg DQO]

$WS_{i,x}$: Fração de efluente do tipo “i” tratada usando o sistema “x” [adimensional]

MCF_x : Fator de conversão de metano do sistema “x” tratando o efluente “i” [adimensional]

A somatória do produto dos coeficientes $WS_{i,x}$ e MCF_x corresponde ao MCF ponderado.

As emissões de N₂O foram quantificadas aplicando a equação a seguir:

$$N_2O \text{ emissões} = Pop \times CP \times Frac_{NPR} \times EF_{efluente} \times \frac{44}{28}$$

Onde:

Emissões de N₂O(s): Emissões anuais de óxido nitroso [kgN₂O-N.ano⁻¹]

Pop: População com escoadouro [habitante]

CP: Consumo anual de proteína per capita [kg.(habitante.ano)⁻¹]

$Frac_{NPR}$: fração de N na proteína [kgN.kgproteína⁻¹]

$EF_{efluente}$: Fator de emissão de N₂O [kgN₂O-N.kgN⁻¹]

Dados de nível de atividade necessários e respectivas fontes

Emissões de metano

De acordo com o Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e o Relatório de Referência “Tratamento de Resíduos”, o cálculo das emissões de CH₄ pelo tratamento de efluentes domésticos é realizado por Estado. Para isso são necessários os dados de população total informações que permitam calcular as frações de efluentes tratados em cada tipo de sistema.

Para a obtenção dessas frações por Estado, o MCTI realiza um conjunto de inferências e de análises de dados da Pesquisa Nacional de por Amostra de Domicílios (PNAD), de 1992 a 2005, e da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), de 2000. A partir dessas informações, foram geradas as frações de tratamento para dois períodos: 1990 a 1994 e 1995 a 2005.

O método de cálculo das frações a partir das fontes citadas não está integralmente descrito no documento, bem como nota-se que as frações calculadas para cada Estado não estão disponíveis. Em função do exposto, não foi possível replica integralmente a metodologia adotada pelo MCTI para o cálculo das emissões no âmbito da plataforma SEEG.

Nesse contexto, as estimativas de emissões do período de 1970 a 2016, foram calculadas indiretamente por meio do MCF ponderado obtido a partir da análise dos resultados apresentados no Relatório de Referência do setor no período de 1990 a 2010. Para os anos anteriores ao período de 1990, utilizou-se a mesmo MCF ponderado do primeiro ano inventariado pelo MCTI. Enquanto para os anos posteriores, o fator de correção de 2010 foi extrapolado. Ainda conforme a avaliação realizada pelo o MCTI, considerou-se que a fração de recuperação de metano era pouco significativa antes de 1990 e, portanto, a mesma foi considerada nula.

As seguintes fontes de dados foram utilizadas:

- MCTI. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões/ Relatório de Referência “Tratamento de Resíduos”. Emissões de CH₄, por Estado, de 1990 a 2010.

- IBGE. População - Censos 1991, 2000 e 2010. A partir das informações do Censo, foram aplicadas variações lineares entre 1991 e 2000, 2000 e 2010. Para os anos 2011 e 2012, aplicou-se o mesmo crescimento do período anterior (2000 e 2010). Os dados dos Censos estão disponíveis em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=4&uf=00>

Assim como o exercício realizado para a estimativa de emissões provenientes da disposição de resíduos, a atual versão do SEEG buscou realizar um exercício inicial para inserir as diferenças macrorregionais quanto aos aspectos de coleta e acesso à serviços de saneamento na estimativa as emissões de metano. O Anexo 2 apresenta essa nova abordagem, bem como os resultados obtidos e comparação com os dados fornecidos no Relatório de Referência do setor.

Emissões de Óxido Nitroso (N₂O)

Assim como a metodologia adotada para a estimativa da produção de CH₄, o cálculo para obter as emissões de N₂O associadas ao tratamento e afastamento de efluentes domésticos foi realizado considerando a população com o escoadouro. O valor de Consumo de Proteína annual (CP) foi obtido a partir da interpoção valores de referência descritos no Relatório de Referência do setor, com abrangência no período de 1990 a 2010. Para os períodos de 1970 a 1990 e 2010 a 2015, estabeleceu-se uma regressão linear, possibilitando a obtenção dos valores de CP per capita para toda série histórica.

Fatores de Emissão Utilizados

Em relação as emissões de CH₄, o fator de emissão utilizado foi obtido com base no Relatório de Referência do setor, que por sua vez foi fundamento nas diretrizes do IPCC, multiplicando-se a capacidade de geração de metano (B₀) pelo MCF ponderado para resíduos coletados e não coletados. Os fatores de emissão para o cálculo de emissão de N₂O foram obtidos diretamente no Relatório de Referência do setor de tratamento de resíduos.

Modo de recepção e sequência de tratamento dos dados

Os dados do Censo foram acessados no site do IBGE; os valores de consumo de proteína para estabelecer a emissão de N₂O foram obtidos a partir do inventário nacional.

Os dados foram transcritos para uma planilha eletrônica do programa Microsoft Excel e todas as análises foram realizadas no mesmo programa

Softwares utilizados

Microsoft Excel e Adobe Acrobat Reader

Método de Alocação das Emissões por Estado

A alocação das emissões por cada estado foi feita em relação à população de cada UF, portanto os dados analisados, já abrangem, implicitamente, o processo de alocação estadual e consolidações dos estados.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Os dados populacionais não apresentavam lacunas temporais, enquanto para os MCF ponderados, taxas de população com escoadouro e CP, optou-se por utilizar interpolações lineares.

2.3 Tratamento de Efluentes Industriais

As emissões associadas ao tratamento de efluentes industriais são quantificadas de forma semelhante a

apresentada na seção de efluentes líquidos domésticos. A divergência no processo se dá na quantificação da carga orgânica, a qual para efluentes industriais relaciona-se com as taxas de produção industrial, conforme pode ser observado na equação a seguir.

$$TOW_{DOM} = [Pop \times D_{dom}]$$

Onde:

Pi: Produção industrial [t produto/ano]

D_{ind}: Emissão de carga orgânica [kg DBO/t produto]

Os valores do MCF ponderado de cada setor industrial estão presentes no Terceiro Inventário Brasileiro para os anos de 1990 e 2010. No período de 1990 a 2010, os valores dos fatores de correção foram interpolados linearmente. Para os períodos sem informação, os MCF foram extrapolados.

A fim de estimar o metano recuperado (R) foram executados cálculos de interpolação linear sobre os valores de MCF rec. estabelecidos pelo MCTI, no período de 1990-2010, para cada subsetor industrial.

Dados de Nível de Atividade necessários e respectivas fontes

Os dados de produção industrial dos diferentes setores industriais analisados foram obtidos por meio das referências listadas a seguir:

Açúcar: União da indústria da cana de açúcar – ÚNICA (<http://www.unicadata.com.br/>)

Alcool: União da indústria da cana de açúcar – ÚNICA (<http://www.unicadata.com.br/>)

Leite cru: Pesquisa Pecuária Municipal disponível no banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação de dados – SIDRA(<http://www.sidra.ibge.gov.br>)

Papel e Celulose: Série história solicitada para a Indústria Brasileira de Árvore (Ibá).

Cerveja: Os dados de 2006 a 2015 são da Pesquisa Industrial Anual disponível no banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação de dados – SIDRA (<http://www.sidra.ibge.gov.br>). Os dados de 2015 e 2016 foram obtidos por meio da Associação Brasileira da Indústria de Cerveja (CervBrasil).

Abate de Bovinos: Pesquisa Trimestral do Abate de Amíbios do IBGE disponível no banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação de dados – SIDRA (<http://www.sidra.ibge.gov.br>).

Abate de Aves: Pesquisa Trimestral do Abate de Amíbios do IBGE disponível no banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação de dados – SIDRA (<http://www.sidra.ibge.gov.br>)

Abate de Suínos: Pesquisa Trimestral do Abate de Amíbios do IBGE disponível no banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação de dados – SIDRA (<http://www.sidra.ibge.gov.br>)

Leite pasteurizado: Em relação ao Leite pasteurizado, os dados oficiais do IBGE (Pesquisa Mensal do Leite) são referidos ao período 1989 – 1996. Devido a não localização de outros dados de produção e a inexistência de um crescimento linear para a alocação da produção para cada UF foram utilizadas correlações entre população, e dados oficiais do IBGE.

Modo de recepção e sequência de tratamento de dados

Os dados da produção industrial foram obtidos através das instituições listadas a seguir:

IBGE - disponíveis para consulta e para download no site do IBGE através do Banco de dados Sistema IBGE de Recuperação de Dados Automática – SIDRA e das Séries Históricas e Estatísticas;

Ibá – Dados históricos sobre a produção de papel e cellulose solicitados diretamente à instituição

Os dados de Leite cru são disponibilizados em litros e foram convertidos em toneladas, utilizando-se a densidade média de 1,032Kg/l apresentados pela EMBRAPA;

A fração de metano recuperada nos diferentes setores foi calculada pela aplicação do MCFponderado de recuperação descrito no Relatório de Referência do setor.

Softwares utilizados

Microsoft Excel e Adobe Acrobat Reader

Método de Alocação das Emissões por Estado

A alocação das emissões por cada estado foi feita em relação à produção estadual conforme os dados obtidos, portanto, as emissões obtidas já estavam condizentes com as divisões e consolidações de estados.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Utilizaram-se regressões lineares e correlações com os dados populacionais para se estabelecer índices de produção industrial para os anos com dados não disponíveis.

2.4 Incineração de resíduos sólidos

A estimativa de emissão de CO₂ por incineração de resíduos sólidos é determinada de acordo com a seguinte equação:

$$CO_2 \text{ emissões} = \sum_i (IW_i \times CCW_i \times FCF_i \times EF_i \times \frac{44}{12})$$

Onde:

CO₂ emissões: Quantidade de CO₂ gerada ao ano [kg CO₂/ano]

I: tipo de resíduo

W_i: Massa de resíduo incinerado per tipo [t / ano]

CCW: Carbono contido no resíduo tipo i [adimensional]

FCF: Fração de carbono fóssil no resíduo tipo i [adimensional]

EF: Eficiência de queima dos incineradores de resíduo tipo i [adimensional]

44/12: Conversão de C para CO₂ [adimensional]

A estimativa de emissão de N₂O por incineração de resíduos sólidos é determinada de acordo com a seguinte equação:

$$N_2O \text{ emissions} = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-3}$$

Onde:

N₂O emissões: Quantidade de óxido nitroso gerada ao ano [tN₂O/ano]

W_i: Massa de resíduo incinerado por tipo i [t/ano]

EF_i: Fator de emissão para o tipo i de resíduo [kg N₂O/t de resíduos]

10⁻⁶: fator de conversão de t para kg [10⁻⁶ Gg/kg]

Dados de Nível de Atividade necessários e respectivas fontes

Os dados relativos à incineração de resíduos de serviços de saúde foram obtidas nos Panoramas anuais

da ABRELPE, especificamente para anos posteriores a 2008, e para o preenchimento de dados não disponíveis, optou-se por utilizar uma regressão linear até o ano de 1990. Já para resíduos industriais, observou-se um cenário de indisponibilidade de dados públicos, portanto, a quantidade de material encaminhado para esta rota tecnológica foi calculada por meio da análise de dados descritos no III Inventário Nacional de 1990 a 2010, com distribuição estadual pautada no Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais, realizado pelo IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada).

Fatores de Emissão Utilizados

Foram utilizados os seguintes fatores de emissão:

CO₂: Os valores dos coeficientes CCW, FCF, EF foram obtidos por cada tipo de resíduo incinerado no Terceiro Inventário Brasileiro.

N₂O: Os valores do coeficiente EF por cada tipo de resíduo incinerado foi obtido no Terceiro Inventário Brasileiro.

Modo de recepção e sequência de tratamento dos dados

Os dados das emissões de CO₂ e de N₂O foram acessados no III Inventário Brasileiro de Emissões/Relatório de Referência “Tratamento e Disposição de Resíduos”, no Diagnóstico dos RSI do IPEA e nos Panoramas de Resíduos Sólidos no Brasil (2008-2015).

Os dados foram transcritos para uma planilha eletrônica do programa Microsoft Excel. As análises de regressão linear foram realizadas no mesmo programa.

Softwares utilizados

Microsoft Excel e Adobe Acrobat Reader

Método de Alocação das Emissões por Estado

Os dados da quantidade de resíduos de serviços de saúde incinerados estavam disponíveis, já alocados por estado, no Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil da ABRELPE. Enquanto a alocação dos resíduos sólidos industriais foi realizada considerando a proporção da contribuição estadual para o uso desta rota tecnológica baseada no Diagnóstico de Resíduos Sólidos Industriais.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Os dados disponíveis em relação à incineração de resíduos são escassos e de baixa confiabilidade, portanto as lacunas temporais dos dados foram preenchidas através de uma regressões lineares.

3. Qualidade de dados

Para a apresentação da qualidade dos dados optou-se por trabalhar com três níveis de classificação em relação à qualidade e confiabilidade dos dados à nível estadual, federal e serie histórica:

Qualidade dos Dados Nacionais Recentes (1990-2016)

Qualidade dos Dados Históricos (1970-2016)

Qualidade da Alocação nos Estados

Qualidade dos Dados Nacionais Recentes (1990-2016)

A Tabela 3 mostra a qualidade dos dados a nível nacional no período de 1990 a 2016.

Tabela 3 – Qualidade de dados recentes de 1990 a 2016

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Tier		Nível de Atividade		Fator de Emissão	Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral do Dado
	3º inventário	SEE G	Existência do Dado	Disponibilidade do Dado			
Resíduos							
Disposição de Resíduos	2	2	2	2	2	2	2
Incineração de Resíduos							
Resíduos de Serviços de Saúde	1	1	2	2	2	2	2
Resíduos Industriais	1	1	3	3	2	2	3
Tratamento de Efluentes Domésticos	2	2	2	2	3	3	3
Tratamento de Efluentes Industriais							
Açúcar	2	2	1	1	2	1	1
Alcool	2	2	1	1	2	1	1
Aves	2	2	1	1	2	1	1
Bovinos	2	2	1	1	2	1	1
Cervejas	2	2	3	2	2	2	2
Leite cru	2	2	1	1	2	1	1
Leite pasteurizado	2	2	3	3	2	3	3
Celulose	2	2	3	2	2	2	1
Suínos	2	2	1	1	2	1	1

Legenda da Tabela 3:

Existência de dado de atividade	1	Dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não seja público). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados.
	2	Dados incompletos
	3	Dados não existentes
Disponibilidade de dados de atividade	1	Dados disponíveis de forma pública e gratuita
	2	Dados disponíveis com alguma restrição (pago; em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica)
	3	Dados não disponíveis
Fatores de emissão	1	Fator explícito, com referência
	2	Fator implícito com correlação R2 maior ou igual a 0,7
	3	Fator implícito com correlação R2 menor que 0,7
Necessidade aprimoramento	1	Sem necessidade de aprimoramento
	2	Necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo
	3	Necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo
Qualidade geral do dado	1	Dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário
	2	Dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas
	3	Dado pouco confiável ou de difícil avaliação

Tabela 4 – Qualidade dos Dados Históricos (1970-2016):

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Qualidade relativa de dados históricos																																														Qualidade Geral do Dado								
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		2016							
Resíduos																																																							
Disposição de Resíduos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				
Incineração de Resíduos																																																							
Resíduos de Serviços de Saúde	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Resíduos Industriais	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
Tratamento de Efluentes Domésticos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Tratamento de Efluentes Industriais																																																							
Açúcar	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
Álcool	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Aves	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Bovinos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Cervejas	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Leite cru	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Leite pasteurizado	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Celulose	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Suínos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Legenda da Tabela 4

Aspecto	Valores
QUALIDADE RELATIVA DO DADO HISTÓRICO	1 Dado de atividade existente/disponível para o respectivo ano e fator de emissão adequado para época
	2 Dados de atividades estimados pelo projeto ou correlação com outros dados [e/ou] fatores de emissão inadequados para
	3 Dados de atividades estimados e fatores de emissão inadequados

Tabela 5 – Qualidade da Alocação nos Estados

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Ocorrência de alocação	Critério de Alocação	Nível de Atividade		Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral da Alocação
			Existência do Dado	Disponibilidade do Dado		
Resíduos						
Disposição de Resíduos	1	1	2	2	2	2
Incineração de Resíduos						
Resíduos de Serviços de Saúde	1	2	2	2	2	2
Resíduos Industriais	2	3	3	3	2	3
Tratamento de Efluentes Domésticos	1	2	3	2	2	2
Tratamento de Efluentes Industriais						
Açúcar	1	1	1	1	1	1
Alcool	1	1	1	1	1	1
Aves	2	1	1	1	1	1
Bovinos	2	1	1	1	1	1
Cervejas	1	3	2	2	2	2
Leite cru	1	1	1	1	1	1
Leite pasteurizado	1	3	3	3	2	2
Celulose	1	3	2	2	2	2
Suínos	2	1	1	2	1	1

Legenda da Tabela 5:

Aspecto	Valores
OCORRÊNCIA DE ALOCAÇÃO	1 Alocação possível de toda emissão nacional nos estados (não fica resíduo/montante não alocado)
	2 Alocação parcialmente possível. Parte das emissões nacionais não foi alocada.
	3 Alocação para os estados não foi possível
CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	1 Critério de alocação esta diretamente relacionado com os fatores de emissão
	2 Critério de alocação usa fatores indiretos com alta correlação com os fatores diretos.
	3 Critério de alocação usa fatores indiretos com baixa correlação com fatores diretos.
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	1 dados existentes para calculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe,
	2 dados incompletos
	3 dados não existentes
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 dados disponíveis de forma pública e gratuita
	2 dados disponíveis com alguma restrição (pago; em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação
	3 dados não disponíveis
FATORES DE EMISSÃO	1 fator explícito, com referência
	2 fator implícito com correlação R2 maior ou igual a 0,7
	3 fator implícito com correlação R2 menor que 0,7
NECESSIDADE APRIMORAMENTO	1 sem necessidade de aprimoramento
	2 necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo
	3 necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para calculo
QUALIDADE GERAL DA ALOCAÇÃO	1 dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventario
	2 dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas
	3 dado pouco confiável ou de difícil avaliação

Analisando as tabelas de qualidade observadas acima, nota-se que o setor de Tratamento de Resíduos se destaca por apresentar uma incerteza relevante, devido principalmente à falta de dados. Só alguns subsetores apresentam dados confiáveis, especialmente nas series históricas 1970-1990.

Analisando a confiabilidade e presença dos dados por cada subsetor, constatamos que:

Disposição de resíduos: Falta de dados oficiais a nível federal e estadual, alocação obtida através uma correlação com a população (fonte IBGE). Contexto de falta de dados históricos e do sistema de tratamento ao quais os resíduos são destinados, cenário que se altera a partir de 2008 com a divulgação dos Panoramas de Resíduos Sólidos da ABRELPE.

Incineração de resíduos: Para resíduos industriais se observa a falta de dados oficiais a nível federal e estadual, seja históricos ou atuais. Quanto aos resíduos de serviço de saúde, a partir de 2008, têm-se dados mais específicos quanto a quantidade de material incinerado. No entanto é necessária uma análise mais rigorosa das plantas existentes.

Tratamento efluente doméstico: Falta de dados oficiais quanto as frações de populações atendidas e tipos de tratamento adotados a nível federal e estadual. Ausência de dados históricos e do sistema de tratamento utilizados.

Tratamento de efluentes industriais:

- **Açúcar:** Presença dos dados oficiais estaduais de produção: 1976 – 2016
- Falta de dados do período 1970 – 1976, mas presença de dados a nível federativo.
- **Álcool:** Presença dos dados oficiais estaduais de produção: 1976 – 2016
- Falta de dados do período 1970 – 1976, mas presença de dados a nível federativo.
- **Aves, Bovinos e Suínos:** Presença dos dados oficiais de produção: 1997 – 2016 (Fonte IBGE). Falta de dados do período 1970 - 1997
- **Cervejas:** Presença dos dados oficiais de produção: 2005 – 2016.
- Falta de dados do período 1970 – 2010, seja a nível estadual que federal.
- **Leite cru:** Presença dos dados oficiais de produção: 1973 – 2014. Alta confiabilidade de qualidade dos dados e da sua alocação.
- **Leite pasteurizado:** Presença dos dados somente num período de tempo relativamente breve, 1989– 1996. Falta de dados oficiais para os outros períodos.
- **Papel e Celulose:** Presença dos dados oficiais de produção: 1970 – 2016 a nível nacional.

4. Resultados

Tabela 6 – Emissões totais (M toneladas de CO₂e -GWP –AR5) do setor por resíduos sólidos e líquidos (1970-2016)

Brasil	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Tratamento e Afastamento de Efluentes Líquidos	5,44	6,74	8,31	9,55	10,95	14,17	18,94	25,30	34,40	38,23	38,77
Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais	0,58	0,99	1,60	1,91	2,33	4,37	7,02	11,30	18,12	20,53	20,92
Tratamento e Afastamento de Efluentes Líquidos Domésticos	4,86	5,76	6,71	7,64	8,62	9,79	11,92	14,00	16,27	17,71	17,85
Tratamento de Resíduos Sólidos	7,87	10,59	13,29	15,77	21,26	30,20	39,37	44,41	49,51	54,40	53,21
Disposição final	7,87	10,59	13,29	15,77	21,23	30,09	39,23	44,21	49,25	54,11	52,92
Incineração	-	-	-	-	0,02	0,11	0,15	0,20	0,26	0,29	0,29
Total Geral	13,31	17,33	21,60	25,32	32,20	44,36	58,31	69,71	83,91	92,64	91,97

Tabela 7 – Emissões totais por tipo de GEE (mil toneladas) em anos de interesse

Brasil	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
Tratamento e Afastamento de Efluentes Líquidos	18.991	23.505	28.910	33.273	38.276	48.916	64.770	85.792	115.131	127.844	129.585
Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais	1.845	3.140	5.084	6.060	7.394	13.901	22.318	35.918	57.603	65.242	66.484
CH4 (t)	21	35	57	68	83	156	251	404	647	733	747
Tratamento e Afastamento de Efluentes Líquidos Domésticos	17.145	20.365	23.826	27.214	30.882	35.016	42.452	49.875	57.528	62.602	63.101
CH4 (t)	154	181	210	238	267	304	372	437	513	558	563
N2O (t)	2	3	3	4	4	5	6	7	7	8	8
Tratamento de Resíduos Sólidos	25.022	33.654	42.231	50.134	67.645	96.401	125.690	141.880	158.316	173.991	170.187
Disposição final	25.022	33.654	42.231	50.134	67.496	95.628	124.693	140.528	156.559	171.997	168.203
CH4 (t)	281	378	475	563	758	1.074	1.401	1.579	1.759	1.933	1.890
Incineração	-	-	-	-	149	773	997	1.352	1.758	1.994	1.984
CO2 (t)	-	-	-	-	19	95	122	164	214	243	241
N2O (t)	-	-	-	-	0,01	0,06	0,09	0,12	0,16	0,18	0,18

Tabela 8 – Emissões totais desagregadas por UFs (Mil toneladas de CO₂e -GWP –AR5) em anos de interesse

Estados	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
AC	16	22	29	36	46	61	84	105	135	137	137
AL	166	211	258	315	409	582	734	1.041	1.243	1.263	1.111
AM	86	125	167	218	286	386	514	615	745	761	739
AP	11	15	18	26	35	53	75	93	115	123	119
BA	878	1.118	1.368	1.656	2.188	2.758	3.391	3.676	4.578	5.013	4.921
CE	516	657	802	958	1.259	1.580	1.995	2.351	2.897	3.016	2.951
DF	107	206	329	420	640	859	1.129	1.415	1.744	1.988	1.977
ES	168	226	283	340	432	591	782	953	1.180	1.348	1.384
GO	353	499	661	817	976	1.405	1.894	2.410	3.552	4.217	4.143
MA	255	332	418	500	639	875	1.200	1.444	1.742	1.908	1.790
MG	1.440	1.808	2.176	2.479	2.997	3.956	5.210	6.351	8.552	9.786	9.881
MS	1	1	111	134	424	592	794	986	1.553	1.972	1.932
MT	198	300	182	270	389	572	825	1.111	1.494	1.648	1.643
NA	2	2	3	4	5	8	5	10	8	7	6
PA	218	290	366	455	576	745	956	1.142	1.303	1.324	1.316
PB	256	313	370	430	548	691	828	979	1.205	1.283	1.244
PE	725	863	1.007	1.140	1.432	1.848	2.289	2.747	3.315	3.385	3.272
PI	160	206	254	302	388	503	644	742	900	914	893
PR	837	1.087	1.386	1.575	1.895	2.660	3.440	4.187	5.309	5.970	6.126
RJ	2.091	2.560	3.034	3.341	4.048	5.542	6.915	7.907	8.891	9.668	9.510
RN	179	225	272	329	436	550	682	826	1.014	1.068	1.044
RO	12	29	49	89	128	155	201	260	330	371	360
RR	4	6	9	15	23	32	43	53	68	70	71
RS	1.037	1.265	1.519	1.675	1.984	2.638	3.226	3.697	4.179	4.405	4.403
SC	354	471	593	706	891	1.275	1.681	2.100	2.797	3.299	3.320

Estados	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016
SE	100	129	157	190	258	336	434	525	658	732	711
SP	3.143	4.363	5.777	6.899	8.760	12.966	18.158	21.762	24.136	26.652	26.662
TO	0	0	0	0	113	143	186	221	263	307	307

5. Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional

A Tabela 9 apresenta as diferenças e correlação entres as estimativas de emissões de GEE obtidas no âmbito da plataforma SEEG e pelo Terceiro Inventário Nacional. Nota-se que as maiores diferenças percentuais observadas se referem a análise de resíduos sólidos. No entanto, para todas as atividades geradoras de GEE, é possível observar um forte correlação entre o comportamentos das curvas históricas de emissões no período de 1990 a 2010.

Tabela 9 – Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional (MCTI, 2016)

Fontes de emissão de GEE	GEE (toneladas)	1990			2010			Correlação
		SEEG	MCTI	Diferença	SEEG	MCTI	Diferença	
Disposição de RSU	CH ₄	758.382	824.000	0,08	1.759.087	1.333.000	-0,32	0,989
Incineração	CO ₂	18.840	18840	0,00	213.828	174810	-0,2	0,993
Efluentes Líquidos Domésticos	CH ₄	267.000	267.000	0,00	513.000	513.000	0	1
	N ₂ O	4.320	4.320	0,00	7.203	7.203	0	1
Efluentes Líquidos Industriais	CH ₄	83.213	82.570	-0,01	632.406	622.990	-0,02	0,9997

As distintas abordagens metodológicas utilizadas para quantificar as emissões associadas à disposição final de RSU podem explicar a significativa diferença observada no período de análise. No Inventário Nacional, opta-se por utilizar a metodologia de decaimento de primeira ordem, onde se considera que as emissões ocorrem nos anos posteriores à disposição do resíduo em aterros sanitários, controlados ou lixões. Já a abordagem adotada pelo SEEG considera que a emissão de metano ocorre integralmente no ano de disposição.

Em relação aos resíduos especiais incinerados, a diferença observada está relacionada com os dados de atividade, principalmente no que se refere a quantidade de resíduos de serviços de saúde encaminhadas para essa rota de tratamento. Na estimativa da plataforma SEEG, optou-se por utilizar dados do Panoramas Anuais da ABRELPE, que eram consideravelmente maiores do que as quantidades registradas no Relatório de Referência.

Por fim, o setor de efluentes líquidos apresentam baixas diferenças, associadas principalmente a divergência na obtenção de dados de produção industrial.

6. Bibliografia

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. ABRELPE: [S.1], 2016.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ESTIMATIVAS DOS CUSTOS PARA VIABILIZAR A UNIVERSALIZAÇÃO DA DESTINAÇÃO ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL. São Paulo, 2015.

ARAÚJO FILHO, Valdemar.F.O QUADRO INSTITUCIONAL DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO E A ESTRATÉGIA OPERACIONAL DO PAC: POSSÍVEIS IMPACTOS SOBRE O PERFIL DOS INVESTIMENTOS E A REDUÇÃO DO DÉFICIT. Diretoria de Estudos Regionais e Urbanos do IPEA, 2008. Disponível em <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5521/1/BRU_n1_quadro_institucional.pdf>

BRASIL. DECRETO Nº6.262, DE 21 DE NOVEMBRO DE 2007. PLANO NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA –PNMC. BRASÍLIA, DF. Dezembro de 2008.Disponível em <http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/relatorio_anual_avaliacao_plansab_2014_15122015.pdf>.

BRASIL(a). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. DECRETO Nº 7.390, DE 9 DE DEZEMBRO DE 2010. REGULAMENTA OS ARTS. 6º, 11 E 12 DA LEI Nº 12.187, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2009, QUE INSTITUI A POLÍTICA NACIONAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA - PNMC, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DIÁRIO OFICIAL [DA] REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL.

BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: Versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, ago. 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. Plano Nacional de Saneamento Básico – Plansab. Brasília,DF. Maio de 2013.

BRASIL. Ministérios das Cidades. Plansab - Relatório de Avaliação Anual, Ano de 2014. Brasília, DF, dez,2015.

BRASIL. Análise situacional do déficit em saneamento básico. Luiz Roberto Santos Moraes (coord.), Alessandra Gomes Lopes Sampaio Silva, Antônio Alves Dias Neto, Patrícia Campos Borja, Andréa Andrade Prudente, Luciana Santiago Rocha. Brasília: Ministério das Cidades/ Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014. 340 p. (Panorama do Saneamento Básico no Brasil, v.2).

BRASIL, MCTI. Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição de Resíduos, Relatórios de Referência: Setor de Tratamento de Resíduos, 3º Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, Brasília, DF: MCTI, 2015.

Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017.

FADE – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, estados Unidos e Japão. Jaboatão dos Guararapes, PE: Grupo de Resíduos Sólidos UFPE, 2014.

GOUVELLO, C. ALVES. J.W. S et al. Estudo de baixo carbono para o Brasil; BANCO MUNDIAL, 2010.

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, 2012.

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade; Programa Cidades Sustentáveis: Guia de Ação Local pelo Clima. São Paulo, 2016.

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>>

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012 a.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos de Serviços de Saúde. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012b.

MADEIRA, Roberto F. O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para a universalização do acesso. Revista do BNDS, 2010

LIMA, Sonaly C.R. B e MARQUES, Denise H.F. Evolução e perspectivas do abastecimento de água e do esgotamento sanitário no Brasil. Brasília, DF: CEPAL. Escritório no Brasil/IPEA, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 47).

LOPES, Luciana. Gestão e gerenciamento integrados dos resíduos sólidos urbanos. Alternativas para pequenos municípios. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/.../DISSERTACAO_LUCIANA_LOPES.pdf>

TRATA BRASIL, Instituto. Relatório – 7 anos de Acompanhamento do PAC SANEAMENTO (2009 a 2015). Agosto, 2016. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/de-olho-no-pac/2016/relatorio.pdf>>

VON SPERLING, Marcos. Urban wastewater treatment in Brazil. Department of Sanitary and Environmental Engineering Federal University of Minas Gerais. August, 2016.

SIDRA. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e os produtos.

IBGE - Censos 1991, 2000 e 2010. Os dados dos Censos estão disponíveis em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>

Pesquisa Pecuária Municipal disponível no banco de dados do Sistema IBGE de Recuperação de dados – SIDRA(<http://www.sidra.ibge.gov.br>)

Industria Brasileira de Árvores – Iba. Disponível em <http://iba.org/pt/>

Associação Brasileira da Industria da cerveja – CervBrasil. Disponível em <http://www.cervbrasil.org.br/>

IPEA. Diagnósticos de Resíduos Sólidos Industriais. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012.

7. Anexo

7.1 Anexo 1

O SEEG, em sua quinta versão, fez o exercício inicial de calcular as emissões de CH₄ relacionadas à disposição final ambientalmente adequada e inadequada pela metodologia descrita nas diretrizes do IPCC de 2006, baseada no método de Decaimento de Primeira Ordem (FOD, acrônimo em inglês). Esse método assume que todo o componente degradável orgânico no resíduos se degrada gradativamente no decorrer de algumas décadas. Diante de condições constante, a taxa de produção de CH₄ depende unicamente na quantidade de carbono remanescente no resíduo, isso na prática significa que as emissões de metano são maiores nos primeiros anos após a disposição e gradualmente declinam nos anos seguintes.

A equação utilizada para estimar as emissões de metano para um ano específico é descrita a seguir:

$$Emissões\ de\ CH_4 = \left[\sum_x CH_{4\ gerado\ x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

Onde:

Emissões de CH₄: Metano emitido no ano T (tonelada);

T: Ano de inventário;

x: Tipo de resíduo ou disposição final;

R_T: CH₄ recuperado no ano T (tonelada);

OX_T: Fator de Oxidação no ano T (fração).

O modelo de FOD baseia-se na obtenção de um fator exponencial que descreve a fração degradável do carbono que deve ser efetivamente degradada em determinado ano. Para tanto, quantifica-se a quantidade de matéria orgânica degradável (DDOCm) depositada e a quantidade de matéria orgânica acumulada, de acordo com as equações a seguir:

$$DDOCm = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Onde:

DDOCm: Quantidade de DOC degradável depositada (toneladas);

W: Quantidade de resíduo depositada (tonelada);

DOC: Carbono Orgânico Degradável no ano de disposição (fração);

DOC_f: Fração de DOC que decompõe (fração);

MCF: Fator de correção de metano (fração).

$$DDOC_{maT} = DDOC_{mdT} + (DDOC_{maT-1} \times e^{-k})$$

Onde:

T: Ano de inventário

DDOC_{maT}: DDOCm acumulado no local de disposição no fim do ano T (tonelada);

DDOC_{maT-1}: DDOCm acumulado no local de disposição final no fim do ano (T-1) (tonelada);

k: Taxa constante de geração de metano

Como o produto é sempre proporcional a quantidade de material degradável, isso significa que o ano de disposição não é relevante na geração de metano e sim, a quantidade de matéria que se decompõe no final do ano T, determinada pela equação a seguir:

$$DDOC_{m\ decomp_T} = DDOC_{ma_{T-1}} \times (1 - e^{-k})$$

Onde:

$DDOC_{m\ decomp_T}$: DDOCm decomponível no local de disposição no final do ano T

$DDOC_{ma_{T-1}}$: DDOCm acumulado no local de disposição final no fim do ano (T-1);

k: Taxa constante de geração de metano

Por fim, a quantidade de CH₄ gerada a partir do material decomponível é obtida pela multiplicação da fração de metano encontrada no biogás e razão estequiométrica de CH₄/C, conforme pode ser observado na seguinte equação:

$$CH_{4\ gerado_T} = DDOC_{m\ decomp_T} \times F \times \frac{16}{12}$$

Onde:

$CH_{4\ gerado_T}$: Quantidade de metano gerado a partir do material decomponível (tonelada);

$DDOC_{m\ decomp_T}$: DDOCm decomponível no local de disposição no final do ano T(tonelada);

F: Fração de metano no volume de biogás (fração);

16/12: Razão Estequiométrica (CH₄/C)

Em termos de novas informações necessárias para a análise de emissão de metano considerando a condicionante temporal, além das descritas na aplicação da metodologia Compromisso de Metano, foi necessário estimar a taxa constante de geração de metano (k), que define o tempo em que o DOC do RSU disposto no solo decaia para a metade de sua massa inicial .

O k é definido de acordo com as características climáticas da região, onde climas mais quentes e úmidos favorecem a degradação anaeróbia, enquanto que os climas quentes e seco ou frios e secos a tornam mais lenta (MCTI, 2016). Para a definição da taxa constante foram levantada informações de temperaturas médias anuais (MAT), precipitação média anual (MAP) e o potencial de evatranspiração (PET). Como o Relatório de Referência do setor não descreve os valores de k utilizados, nesse exercício inicial proposto pela atual versão do SEEG, optou-se por utilizar taxas de constante macrorregionais definidas em conformidade com os valores defaults estabelecidos nas diretrizes do IPCC.

Tabela 10 – Valores de k por macrorregião,

Região	k
Norte	0,17
Nordeste	0,065
Sudeste	0,17
Sul	0,09
Centro-Oeste	0,17

7.1.1 Resultados

Os resultados obtidos pela aplicação da metodologia de Decaimento de Primeira Ordem estão descritos nas Tabela 11 e Tabela 12. Ressalta-se que o método FOD considera a quantidade de material decomponível no final do ano, de modo que os resíduos dispostos em aterros em 1970 não contribuem para emissões nesse mesmo ano.

Tabela 11 – Emissões de CH₄ provenientes da disposição final de RSU pelo método FOD em anos de interesse

		Mil toneladas de CH ₄							
(1970-2002)	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	
Brasil	-	155	279	385	482	667	929	1.041	
(2005-2016)	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Brasil	1.167	1.290	1.344	1.392	1.438	1.481	1.519	1.552	

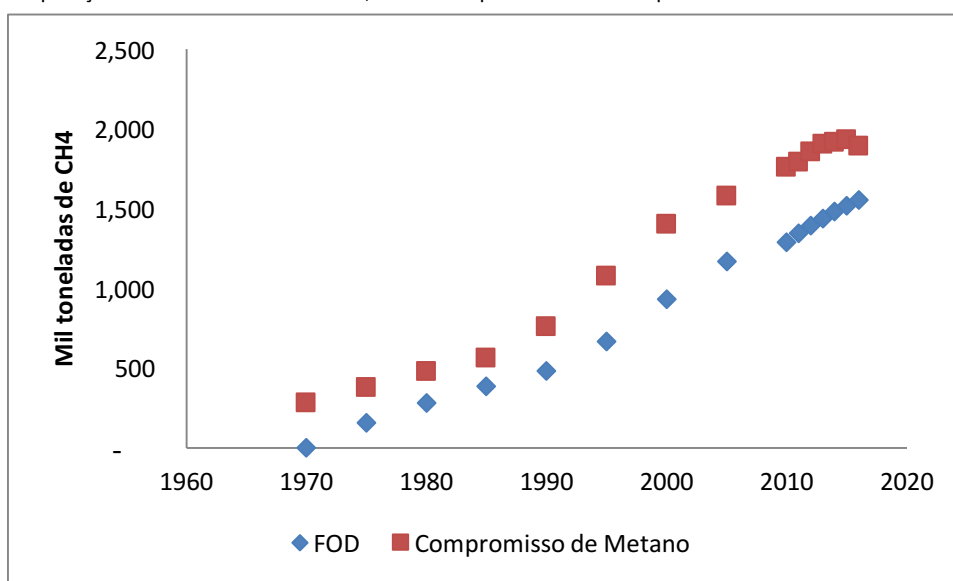
Tabela 12 – Emissões de CO₂e provenientes da disposição final de RSU pelo método FOD em anos de interesse

		Mil toneladas de CO ₂ e (GWP – AR5)							
(1970-2002)	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	
Brasil	-	4.348	7.801	10.771	13.482	18.688	26.024	29.152	
(2005-2016)	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Brasil	32.690	36.115	37.629	38.990	40.267	41.464	42.535	43.461	

7.1.2 Comparação com o método compromisso de metano e o Inventário Nacional

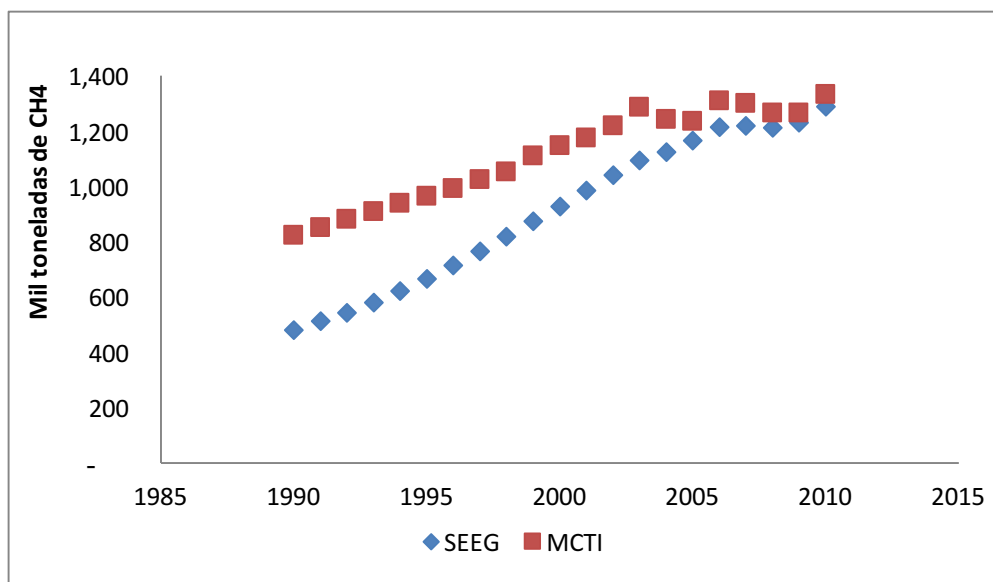
Os resultados obtidos a partir das duas análises realizadas no âmbito da versão 5.0 SEEG reafirmam a distinção entre o comportamento das emissões de metano, onde para todo período analisa a estimativa do metano gerado pelo Compromisso de Metano é significativamente maior que as emissões obtidas pelo FOD, o qual considerada que as emissões ocorrem gradativamente, conforme pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Comparação entre as emissões de CH₄ estimadas pelo Método Compromisso de Metano e FOD



Em relação a comparação com os resultados obtidos no Inventário Nacional observa-se um comportamento interessante, onde a diferença dos resultados atinge um pico em 1990 (com diferença de cerca de 42%) com gradativa redução, em 2010 essa diferença atinge o valor de 3,24%. A Figura 2 apresenta os resultados obtidos a partir de ambas as abordagens.

Figura 2 – Comparação entre as emissões de CH₄ estimadas pelo método FOD/ SEEG e resultados do Inventário Nacional



Essa significativa diferença para os anos 90 pode ser explicada pelas diferentes hipóteses adotadas em relação ao tipo de disposição final adotada. No Relatório de Referência se estabelece, para toda a série analisada (1970-2010) a condição de que todo resíduo coletado em cidades com mais de 1 milhão de habitantes é encaminhado para aterros sanitários, cidades com número de habitantes entre 50 mil e 1 milhão dispõem seus RSU em aterros controlados e cidades até 50 mil habitantes encaminham seus resíduos coletados em lixões.

Isso na prática significa dizer que cerca de 30% coletados em 1970 eram encaminhados para aterros sanitários. Na análise realizada pelo SEEG foram utilizados dados disponibilizados pelo IBGE, o qual estabelece que a disposição final ambientalmente adequada passou a ser adotada como rota de tratamento de forma mais significativa a partir de 1990 (onde cerca apenas 4,5% dos resíduos eram encaminhados para aterros sanitários)

7.2 Anexo 2

O exercício inicial para quantificar as emissões de CH₄ provenientes do tratamento e afastamento de efluentes líquidos domésticos consistiu em adotar uma abordagem macrorregional quanto aos índices de coleta e acesso à serviços de saneamento.

A segunda abordagem adotada utiliza as mesmas equações descritas na seção 2.2, com uma diferença em relação à determinação dos fatores de emissão (equação a seguir), devido a aplicação de diferentes MCF ponderados.

Para determinar o fator de emissão (FE) para efluentes domésticos utiliza-se a equação a seguir:

$$FE = B_0 \times \sum_x (WS_{i,x} \times MCF_x)$$

Onde:

B₀: Capacidade máxima de produção de metano [kg CH₄/kg DBO]ou [kg CH₄/kg DQO]

WS_{i,x}: Fração de efluente do tipo “i” tratada usando o sistema “x” [adimensional]

MCF_x: Fator de conversão de metano do sistema “x” tratando o efluente “i” [adimensional]

Para obter os novos produtos da fração de efluentes o tipo i tratada usando o sistema x e o MCF específico do tratamento x, foram quantificados, a partir de dados disponíveis no Relatório de Referência, a somatória do fatores de correção ponderados a nível nacional para efluentes líquidos coletados e não coletados, conforme pode ser observado nas Tabela 13 e Tabela 14

Tabela 13 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos coletados em 1989 e 2008

Tipo de tratamento	1989			2008		
	WS _{i,x}	MCF	MCF _{ponderado}	WS _{i,x}	MCF	MCF _{ponderado}
ETE	0,125	0	0	0	0	0
Unidade de tratamento preliminar	0,041	0	0	0	0,1	0
Unidade de tratamento primário	0,061	0	0	0	0,1	0
Lagoa de estabilização	0,502	0	0	0	0	0
Valo de oxidação	0,044	0,1	0,0044	0,009	0,1	0,0009
Filtro Biológico	-	0	0	0,106	0	0
Lodo Ativado	-	0,8	0	0,063	0,8	0,0504
Reator Anaeróbio	-	0,8	0	0,189	0,8	0,1512
Lagoa Anaeróbia	-	0,8	0	0,144	0,8	0,1152
Lagoa Aeróbia	-	0	0	0,044	0	0
Lagoa Aerada	0,04	0	0	0,031	0	0
Lagoa Facultativa	-	0,2	0	0,225	0,2	0,045
Lagoa Mista	-	0,2	0	0,022	0,2	0,0044

Tipo de tratamento	1989			2008		
	$WS_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,pond}$ erado	$WS_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,ponde}$ rado
Lagoa de Maturação	-	0,2	0	0,08	0,2	0,016
Wetland	-	0	0	0,007	0	0
Fossa séptica no sistema de condomínio	-	0,5	0	0,037	0,5	0,0185
Outro	0,19	0,2	0,0372	0,043	0,2	0,0086
Σ MCFi - Coletado			0,0416			0,4102

Tabela 14 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos não coletado para os anos de 1991, 2000 e 2010

Tipo de esgotamento sanitário	1991			2000			2010		
	$W_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,x}$	$W_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,x}$	$W_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,x}$
Fossa Séptica	0,35	0,5	0,176	0,28	0,5	0,142	0,26	0,5	0,130
Fossa rudimentar	0,36	0,1	0,036	0,45	0,1	0,045	0,55	0,1	0,055
Vala	0,05	0,1	0,005	0,05	0,1	0,005	0,05	0,1	0,005
Rio, lago ou mar	0,05	0,1	0,005	0,05	0,1	0,005	0,05	0,1	0,005
Outro escoadouro	0,00	0,1	0,000	0,02	0,1	0,002	0,03	0,1	0,003
Não tinham banheiro ou sanitário	0,20	0	0,000	0,16	0	0,000	0,06	0	0,000
Não Coletado	Σ MCF ponderado	0,2214		Σ MCF ponderado		0,1977	Σ MCF ponderado		0,1983

Os valores de MCF ponderado para efluentes líquidos coletados foram interpolados linearmente para o intervalo de 1990-2007, enquanto os valores de 1989 foram extrapolados até 1970 e os valores de 2008 foram extrapolados até 2016. O mesmo procedimento foi adotado para o MCF ponderado de efluentes não coletados, com a interpolação linear para os períodos de 1991-2000 e 2000-2010. Para os anos remanescentes, os valores foram extrapolados.

A variável macrorregional foi considerada com o índices de coleta observados para cada região brasileira, a partir de dados obtidos por meio da Pnad de diferentes anos, do Censo de Demográfico e da Pesquisa Nacional de Saneamento, ambos elaborados pelos IBGE. A Tabela 15 descreve as taxas de coleta de efluentes domésticos por região.

Tabela 15 - Moradores em domicílios particulares com esgotamento sanitário por região - 2003-2009 e 2011 e 2014(%)

Macrorregião	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013	2014
Norte	4,08	3,64	3,78	4,48	9,34	8,52	7,64	12,46	12,68	13,39	12,24
Nordeste	24,22	25,84	25,2	26,46	27,84	30,39	29,28	33,4	35,11	35,11	36,09
Sudeste	74,58	76,1	75,91	75,65	78,1	79,77	80,98	81,71	83,45	85,14	84,91
Sul	24,98	23,01	25,5	25,84	31,7	32,6	33,23	35,01	41,42	42,66	41,82
Centro-Oeste	32,05	30,93	32,09	32,6	33,56	36,63	35,92	41,84	41,61	44,04	42,05

Para os anos sem informações confiáveis disponíveis foram aplicadas relações matemáticas de interpolação linear.

O segundo passo realizado no exercício de quantificação das emissões de CH₄ foi multiplicar a fração da população por região que não recebe atendimento pelo MCF ponderado para efluentes não coletados e multiplicar a fração da população regional que recebe cobertura do sistema de coleta pelo MCF ponderado para sistemas de tratamento.

Esse segundo passo possibilitou a obtenção de novos fatores de emissão para cada macrorregião. Destaca-se que apesar de considerar a fração da população que recebe ou não atendimento quanto à coleta de efluentes líquidos, a partir dos dados disponíveis não foi possível identificar os tipos de tratamento ou afastamento adotados em cada região. Essa ausência aumenta as incertezas da metodologia adotada, pois se trata da projeção características nacionais gerais para as UFs.

7.2.1 Resultados e comparação com o Inventário Nacional

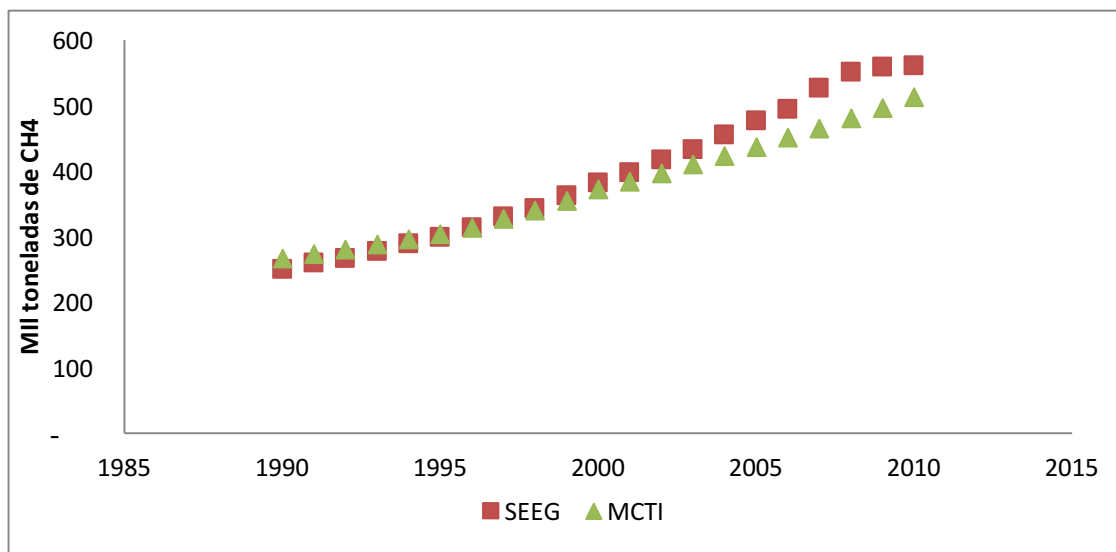
Os resultados obtidos pela exercício adicional elaborado no âmbito da plataforma SEEG está descrito na Tabela 16, bem com a diferença entre as emissão de metano estimadas com os dados do Inventário Nacional.

Tabela 16 – Emissões totais de CH₄ pela segunda abordagem SEEG e do Inventário Nacional

Emissões de CH ₄ (mil toneladas)	1990	1995	2000	2005	2010
Inventário Nacional	267	304	372	437	513
SEEG	250	299	382	477	560
Diferença	0,064259	0,015537	-0,02774	-0,0918	-0,09244

É possível observar forte correlação entre os resultados obtidos, com aumento mais significativo de emissões de CH₄ a partir do ano 2000, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Comparação entre as emissões de CH₄ estimadas pelo SEEG e resultados do Inventário Nacional



Destaca-se que os exercícios descritos nos Anexos 1 e 2 ainda estão em fase preliminar de elaboração e devem ser validados ou descartados nas próximas versões do SEEG.