



Nota Metodológica

– SEEG 7.0 –

Setor de Resíduos

Coordenação Técnica

ICLEI – Local Governments for Sustainability

Equipe Técnica

Iris Coluna

Igor Reis de Albuquerque

(Não revisado)

Novembro, 2019

Sumário

1.	Introdução.....	5
1.1	Descrição do Setor	6
1.2	Escopo de emissões do Setor de Resíduos.....	6
2.	Metodologia de Cálculo	9
2.1	Disposição de resíduos sólidos	9
2.2	Tratamento de Efluentes Domésticos.....	13
2.3	Tratamento de Efluentes Industriais	20
2.4	Incineração de resíduos sólidos.....	22
3.	Qualidade de dados.....	24
4.	Resultados.....	30
5.	Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional	35
6.	Bibliografia	37
7.	Anexo.....	40
7.1	Anexo 1	40
7.2	Anexo 2	42

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Coeficientes para estimativa da TaxaMSW em 1970	11
Tabela 2 – Coeficientes para estimativa do DOC (1970-2010)	12
Tabela 3 – Valores de k por macrorregião,.....	13
Tabela 4 – Descrição dos MCF por tipo de tratamento	17
Tabela 5 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos coletados em 1989 e 2008	17
Tabela 6 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos não coletados para os anos de 1991, 2000 e 2010	18
Tabela 7 - MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos coletados obtidos por meio de dados disponíveis no Atlas de Esgotos	19
Tabela 8 – Qualidade de dados recentes de 1990 a 2016	24
Tabela 9 – Qualidade dos Dados Históricos (1970-2017):.....	26
Tabela 10 – Qualidade da Alocação nos Estados	28
Tabela 11 – Emissões totais (M toneladas de CO ₂ e -GWP –AR5) do setor por resíduos sólidos e líquidos em anos de interesse	30
Tabela 12 – Emissões totais por tipo de GEE (mil toneladas) em anos de interesse.....	32
Tabela 13 – Emissões totais desagregadas por UFs (Mil toneladas de CO ₂ e -GWP –AR5) em anos de interesse.....	33
Tabela 14 – Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional (MCTI, 2016).....	35
Tabela 15 – Emissões de CH ₄ provenientes da disposição final de RSU pelo método CM em anos de interesse.....	41
Tabela 16 - Variáveis do estado de São Paulo utilizadas no cálculo de estimativas de emissões de GEE para os municípios	42
Tabela 17 - Estimativa de Resíduos de Serviços de Saúde e Resíduos Industriais coletados no estado de SP em anos de interesse	43
Tabela 18 - Distribuição de índices de coleta e tratamento nos municípios de São Paulo	44
Tabela 19 - Produção industrial no estado de São Paulo em ano de interesse	44
Tabela 20 – Qualidade de alocação de dados de atividade na escala municipal	45
Tabela 21 - Somatória das emissões de GEE dos municípios no estado de São Paulo	46

Lista de Quadros

Quadro 1 – Caracterização do atendimento e do déficit de acesso ao esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos	5
Quadro 2 – Tipos de gás emitidos por cada subsetor	8

Lista de Figuras

Figura 1 – Fluxograma de rotas de tratamento de efluentes líquidos domésticos no Brasil	15
Figura 2 - Frações de coleta com tratamento de efluentes líquidos no Brasil em 2013 desagregadas por UF	16
Figura 3 - Emissões de GEE por UF em 2017	34
Figura 4 - Comparação dos resultados obtidos para as emissões de metano pelas abordagens utilizadas no SEEG 6.0 e on MCTI para o subsetor de resíduos sólidos.....	35
Figura 5 Comparação dos resultados obtidos para as emissões de metano pelas abordagens adotadas pelo SEEG 6.0 e o MCTI para o subsetor de efluentes líquidos domésticos	36

Figura 6 - Comparação dos resultados obtidos para as emissões de metano pelas abordagens adotadas pelo SEEG 6.0 e o MCTI para o subsetor de efluentes líquidos domésticos	37
Figura 7 – Comparação entre as emissões de CH ₄ estimadas pelo Método Compromisso de Metano e FOD	41
Figura 8 - Municípios no estado de São Paulo que mais contribuem para as emissões no setor de resíduos, com uma desagregação por subsetor.	47

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 Efeitos 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 fosse 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. 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

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

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 de 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	CO ₂	CH ₄	NO ₂	HFC _s	CF ₄	C ₂ F ₆	SF ₆	NO _x	CO	NMVO _C
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 das 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

O SEEG, em sua sétima versão, fez o exercício de estimar 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, em contraposição ao utilizado nas versões SEEG 4.0 e SEEG 5.0, assume que todo o componente degradável orgânico no resíduos se degrada gradativamente no decorrer de algumas décadas. Diante de condições constantes, 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:

$$\text{Emissões de CH}_4 = \left[\sum_x \text{CH}_4 \text{ gerado }_{x,T} - R_T \right] \times (1 - OX_T)$$

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 (DDOC_m) depositada e a quantidade de matéria orgânica acumulada, de acordo com as equações a seguir:

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

Onde:

DDOC_m: 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).

De acordo com a metodologia FOD, após a definição da taxa de coleta de resíduos e da quantidade de matéria orgânica degradável (DDOC_m), deve-se obter a fração orgânica acumulada para determinado ano, conforme a aplicação da equação abaixo:

$$DDOC_{ma_T} = DDOC_{md_T} + (DDOC_{ma_{T-1}} \times e^{-k})$$

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:

$$DDOC_{m\ decompT} = DDOC_{maT-1} \times (1 - e^{-k})$$

Onde:

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

$DDOC_{maT-1}$: 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 CH_4 gerada a partir do material decomponível é obtida pela multiplicação da fração de metano encontrada no biogás e razão estequiométrica de CH_4/C , conforme pode ser observado na seguinte equação:

$$CH_{4\ geradoT} = DDOC_{m\ decompT} \times F \times \frac{16}{12}$$

Onde:

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

$DDOC_{m\ decompT}$: 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 (CH_4/C)

Dados de nível de atividade necessários e respectivas fontes

Emissões de metano

- W = TaxaMSW: Taxa de resíduos dispostos

A variável W, ou seja, a quantidade total de RSU dispostos em aterros sanitários, controlados ou 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 abaixo 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 anuais 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, 2008-2017).

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, enquanto para anos anteriores foram aplicadas correlações matemáticas até 1990, ano em que se observa, de forma mais significativa, o encaminhamento de resíduos para aterros sanitários (Jucá, 2013).

- MCF: Fator de correção de metano

Já o fator de correção de metano (MCF) é definido pelas diretrizes do IPCC como 1 para aterros sanitários; 0,8 para aterros controlados e 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, onde seus 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 à ausência de informações consolidadas a nível estadual, a equação foi extrapolada para anos posteriores ao ano de 2010.

- DOC_r : Fração do DOC que degradável [adimensional]

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

- F: Fração de metano no biogás [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 energético. 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.

- k: taxa constante de geração de metano

Em termos de novas informações necessárias para a análise de emissão de metano considerando a condicionante temporal, 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 3 – Valores de k por macrorregião,

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

Na atual versão do SEEG, também foram realizadas estimativas de emissões de GEE relacionadas à disposição de RSU pelo método de Compromisso de Metano, replicando a abordagem descrita no Guia de Boas Práticas do IPCC 2000. Nessa metodologia, considera-se que todas as emissões de metano ocorrem no mesmo ano de disposição final. A abordagem 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>

ABRELPE - Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2003-2017), 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 adotada por cada UF, processo intrínseco a metodologia adotada.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Para o período em que se registrou uma 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]

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:

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]

Σ(WS_{i,x} x MCF_x): 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 urbana [habitante]

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

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

Efluente: Fator de emissão de N₂O [kgN₂O-N.kgN⁻¹]

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.

Dados de nível de atividade necessários e respectivas fontes

Emissões de metano

- Pop urbana: População Urbana

As informações populacionais, com um nível de desagregação municipal, foram obtidas a partir dos Censos Demográficos. Para anos em sem informação de dados, foram utilizadas correlações lineares.

- D_{dom} : Componente orgânico degradável do efluente doméstico

Variável relativa à geração de carga orgânica por habitante, expressa em demanda bioquímica de oxigênio por habitante por dia ($gDBO \cdot hab^{-1} \cdot dia^{-1}$). De acordo com o Relatório de Referência “Tratamento de Resíduos”, a D_{dom} varia entre 45 e 60 $gDBO \cdot hab^{-1} \cdot dia^{-1}$, sendo utilizado o valor de carga orgânica diária por habitante de 54 $gDBO \cdot hab^{-1} \cdot dia^{-1}$.

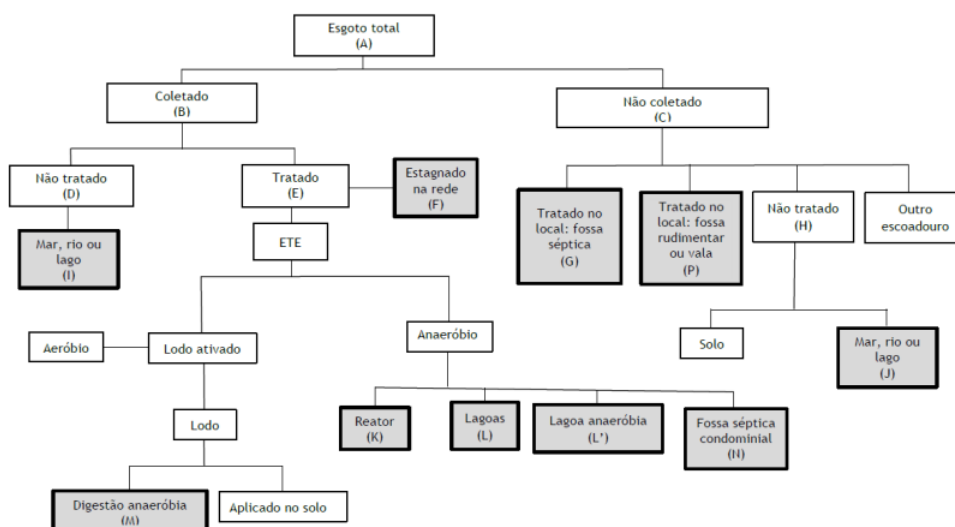
- B_0 : Capacidade máxima de produção de metano

Utilizou-se o valor *default* estabelecido pelo IPCC de 0,60 $kgCH_4 \cdot kgDBO^{-1}$

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

O $WS_{i,x}$ corresponde a fração de efluente do tipo i tratada pelo sistema x em relação a geração total de efluentes líquidos domésticos. Na análise do SEEG, considera-se que os efluentes podem ser coletados ou não coletados, sendo que estão sujeitos a diferentes métodos de tratamento ou podendo ser descartados diretamente em corpo hídricos. A Figura 1 apresenta uma caracterização de rotas e tratamento de efluentes líquidos no Brasil

Figura 1 – Fluxograma de rotas de tratamento de efluentes líquidos domésticos no Brasil



Fonte: (MCTI, 2015)

Em sua atual versão, o SEEG buscou incorporar informações do Atlas Esgotos², elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades. O Atlas Esgotos apresenta uma análise da situação do esgotamento sanitário nos 5.570 municípios brasileiros referente ao ano de 2013.

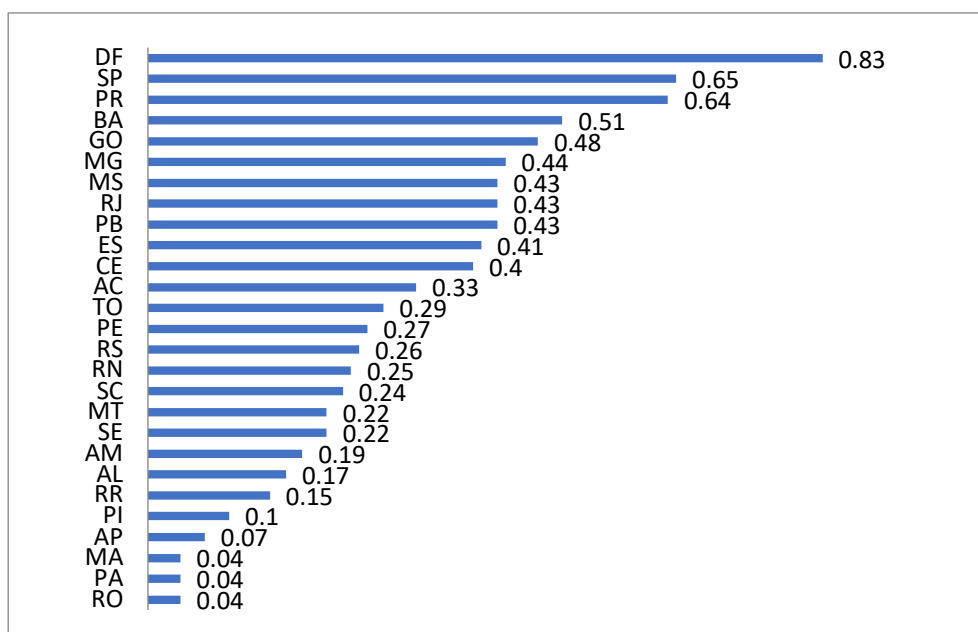
² Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>

O setor de efluentes líquidos no Brasil é caracterizado pela ausência e/ou inconsistência de informações históricas. Mediante essa dificuldade, definiu-se como premissa para os cálculos que para municípios com mais de 500.000 habitantes³, em 1970, era observado uma taxa de coleta e tratamento de 12,5%. Essa taxa corresponde ao índice de coleta médio observado no Brasil de acordo com Censo Demográfico de 1970. Enquanto para municípios com menos de 500.000 habitantes, foi definido que o índice de coleta equivalia a zero.

A partir da definição da linha de base de 1970, para os municípios com mais de 500.000 habitantes, os índices de coleta foram interpolados linearmente até 2013, ano em que são registrados dados municipais no estudo da ANA. Já para municípios com menos de 500.000 habitantes, optou-se por assumir que os índices de coleta se manteriam próximos a zero até 1990⁴, e partir de 1990 os dados foram interpolados até o ano de referência de 2013. Para os anos seguintes a 2013, em um contexto de baixo investimento em infraestruturas de saneamento, considera-se que as condições foram mantidas e os dados foram extrapolados até 2017.

A Figura 2 apresenta os índices de coleta e tratamentos de efluentes líquidos no ano de 2013. Os valores foram obtidos a partir da média ponderada dos índices municipais encontrados no Atlas Esgostos.

Figura 2 - Frações de coleta com tratamento de efluentes líquidos no Brasil em 2013, desagregadas por UF



Destaca-se que são observadas incertezas na abordagem utilizada, principalmente no que se refere a dados históricos e ao crescimento linear dos índices de coleta. Entende-se que a partir da implantação de um sistema de tratamento de efluentes domésticos devem ser observados saltos nas taxas de coleta e tratamento. No entanto, mediante a falta de informação a nível municipal, optou-se por utilizar uma abordagem mais conservadora.

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

O MCF_x corresponde ao fator de correção do metano associado ao tipo de tratamento adotado, onde tratamentos anaeróbicos apresentam o MCF próximo a um. Na prática, assim como registrado para o subsetor de resíduos sólidos urbanos, tratamentos anaeróbicos apresentam um potencial maior de geração de metano do que tratamentos aeróbicos. A Tabela 4 apresenta os valores defaults estabelecidos pelo IPCC.

Já para definir o fator de correção do sistema “x” de acordo com o efluente “i”, foram utilizados valores nacionais calculados com base no Relatório de Referência do setor. Para efluentes coletados, são registrados dados para os anos de 1989 e 2008, e para efluentes não coletados são observadas informações para os anos de 1991, 2000 e 2010. Para completar as lacunas temporais foram utilizadas extrapolações e correlações matemáticas.

Por fim, para 2013 foi possível obter o fator de correção do sistema “x” de acordo com o efluente “i” para efluentes coletados com base no Atlas de Esgotamento Sanitário, de modo que o MCF_x de 2008 foi interpolado linearmente até 2013 e extrapolados para os anos seguintes.

Tabela 4 – Descrição dos MCF por tipo de tratamento

Tipo de tratamento e destino do efluente ou sistema alternativo	MCF
Para sistemas sem rede coletora	
Fossas sépticas e sumidouros	0,5
Fossas secas	0,1
Vala Aberta	0,1
Lançamento em cursos d’ água sem coleta	0,1
Para sistemas com rede coletora	
Reator Anaeróbio	0,8
Lagoa Anaeróbia	0,8
Lagoa Facultativa	0,2
Lagoa Mista	0,2
Lagoa de Maturação	0,2
Fossa séptica condominial	0,5
Lançamento em curso d’ água com coleta	0,1

- $\sum (WS_{i,x} \times MCF_x)$: Produto dos coeficientes $WS_{i,x}$ e MCF_x

Variável relacionada a somatória do produto dos coeficientes de fração de efluente do tipo “i” tratada usando o sistema “x” e o fator de conversão de metano do sistema “x” tratando o efluente “i”.

Para obter os 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 dos fatores de correção ponderados a nível nacional para efluentes líquidos coletados e não coletados, conforme pode ser observado na Tabela 4 e Tabela 5

Tabela 5 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos coletados em 1989 e 2008

Tipo de tratamento	1989			2008		
	$WS_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,pon}$ derado	$WS_{i,x}$	MCF	$MCF_{i,pon}$ derado
ETE	0,125	0	0	0	0	0

³ Contexto de implantação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), com vigência de 1971 a 1990, que priorizou as regiões metropolitanas, a fim de atingir ganhos em escala quanto a índices de cobertura de sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento de efluentes domésticos

⁴ Durante a primeira metade dos anos de 1990, foram criados diferentes programas para modernização e reestruturação institucional do setor, que causaram a diminuição gradativa do déficit absoluto de esgotamento sanitário.

Tipo de tratamento	1989			2008		
	WS _{i,x}	MCF	MCF _{ipon} derado	WS _{i,x}	MCF	MCF _{ipon} derado
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
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 6 – MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos não coletados para os anos de 1991, 2000 e 2010

Tipo de esgotamento sanitário	1991			2000			2010		
	Wi,x	MCF	MCFi, x	Wi,x	MCF	MCFi, x	Wi,x	MCF	MCFi, 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 1990-2013, enquanto os valores de 1990 foram extrapolados até 1970. Já os valores de MCF ponderado para 2013 foram definidos com base no Atlas e estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - MCF ponderado para efluentes líquidos domésticos coletados obtidos por meio de dados disponíveis no Atlas de Esgotos

Por população atendida - Média Brasil			
	Fração	MCF	MCF _{i,x}
Lodo ativado	0,24	0,8	0,192
Nível Primário	0,11	0,2	0,022
Lagoa Anaeróbica + lagoa facultativa	0,08	0,8	0,064
Reator Anaeróbico	0,13	0,8	0,104
Outros	0,56	0,2	0,112
Σ MCF ponderado			0,494

Para efluentes líquidos não coletados, os valores de MCF ponderados foram obtidos a partir da interpolação linear para os períodos de 1991-2000 e 2000-2010. Para os anos remanescentes, os valores foram extrapolados.

Modo de recepção e sequência de tratamento dos dados

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>
- ANA Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas esgotos : despoluição de bacias hidrográficas /Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental . -- Brasília: ANA, 2017.

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

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 urbana.

- CP: Consumo anual de proteína per capita

O valor de Consumo de Proteína anual (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.

- Fra_{CNPR}: fração de N na proteína

Foi utilizado o valor de 0,16 kgN.kgproteína⁻¹, default do IPCC.

- E_{efluente}: Fator de emissão de N₂O

Foi empregado o default do IPCC de 0,005kg N₂O-N.kgN⁻¹.

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 realizada a partir da somatória de emissões de GEE relacionadas ao tratamento de efluentes líquidos dos diferentes municípios no Brasil.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Para o período em que se registrou a ausência de informações, optou-se por utilizar o método de interpolação linear para estimar os índices de MCF ponderados, taxas de população com coleta de esgoto e CP.

2.3 Tratamento de Efluentes Industriais

As emissões associadas ao tratamento de efluentes industriais são quantificadas de forma semelhante à 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 de recuperação 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>)

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

Cerveja: Os dados de 2006 a 2016 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 2017 foi obtido por meio da Associação Brasileira da Indústria de Cerveja (CervBrasil).

Abate de Bovinos: Pesquisa Trimestral do Abate de Amimais 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 Amimais 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 Amimais 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 matemáticas.

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 celulose 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.

A produção de cerveja, celulose e leite pasteurizado foram marcadas pela dificuldade em desagregar os dados por UF. Para cerveja, foram utilizadas informações sobre o número de cervejarias em cada UF; para Leite Pasteurizado, foram relacionados dados referentes à produção de leite cru. E por fim, para celulose, foram usados dados estaduais históricos sobre a produção industrial obtidos com a BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel, a partir do qual foi assumido que as condições se mantiveram para anos mais recentes.

Método para preencher as lacunas temporais de dados

Utilizaram-se regressões lineares e correlações com indicadores relativos à cada setor 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 obtidos 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 (1990-2018)
- Qualidade dos Dados Históricos (1970-2018)
- Qualidade da Alocação nos Estados

As tabelas abaixo apresentam a qualidade dos dados de atividade do setor de resíduos, de acordo com os três níveis de desagregação indicados.

Tabela 8 – Qualidade de dados recentes de 1990 a 2018

Setor/ Sub-Setor / Categorias	Tier		Nível de Atividade		Fator de Emissão	Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral do Dado
	3º inventário	SEEG	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	3	3
Tratamento de Efluentes Domésticos	2	2	2	2	3	3	2
Tratamento de Efluentes Industriais							
Produção de Açúcar	2	2	1	1	2	2	1
Produção de álcool	2	2	1	1	2	2	1
Produção de Carne Avícola	2	2	1	1	2	2	1
Produção de Carne Bovina	2	2	1	1	2	2	1
Produção de Carne Suína	2	2	1	1	2	2	1
Produção de Celulose	2	2	1	2	2	2	2
Produção de Cerveja	2	2	1	2	2	2	2
Produção de Leite Cru	2	2	1	1	2	2	1
Produção de Leite Pasteurizado	2	2	2	3	2	2	2

Legenda da Tabela 8:

Aspecto	Valores
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 de 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 9 – Qualidade dos Dados Históricos (1970-2018):

Setor/ Sub-Setor / Categorias	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	2017	2018	Qualidade Geral do Dado			
Resíduos																																																					
Disposição de Resíduos	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			
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	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		
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		
Tratamento de Efluentes Domésticos	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		
Tratamento de Efluentes Industriais																																																					
Produção de 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			
Produção de 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		
Produção de Carne Avícola	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	
Produção de Carne Bovina	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	
Produção de Carne Suína	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	
Produção de Celulose	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	
Produção de Cerveja	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	
Produção de 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		
Produção de Leite Pasteurizado	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

Legenda da Tabela 9

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 10 – 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	1	2	2	2	2
Resíduos Industriais	1	3	3	3	2	2
Tratamento de Efluentes Domésticos	1	1	2	2	2	2
Tratamento de Efluentes Industriais						
Produção de Açúcar	1	1	1	1	1	1
Produção de álcool	1	1	1	1	1	1
Produção de Carne Avícola	2	1	1	1	1	1
Produção de Carne Bovina	2	1	1	1	1	1
Produção de Carne Suína	2	1	1	1	1	1
Produção de Celulose	1	3	3	3	2	2
Produção de Cerveja	1	3	3	3	2	2
Produção de Leite Cru	1	1	1	1	1	1
Produção de Leite Pasteurizado	1	3	3	3	2	2

Legenda da Tabela 10:

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 cálculo 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 cálculo
QUALIDADE GERAL DA ALOCAÇÃO	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

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 à quantidade de material encaminhado para a rota de tratamento por incineração. No entanto, é necessária uma análise mais rigorosa das plantas existentes.

Tratamento efluente doméstico: Ausência de dados históricos e do sistema de tratamento utilizados.

Tratamento de efluentes industriais:

- **Açúcar:** Presença dos dados oficiais estaduais de produção: 1976 – 2017
- Falta de dados do período 1970 – 1976, mas presença de dados a nível federativo.
- **Álcool:** Presença dos dados oficiais estaduais de produção: 1976 – 2017
- 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 – 2017 (Fonte IBGE). Falta de dados do período 1970 - 1997
- **Cervejas:** Presença dos dados oficiais de produção nacional: 2005 – 2018. Falta de dados do período 1970 – 2010, seja a nível estadual ou federal.
- **Leite cru:** Presença dos dados oficiais de produção: 1973 – 2014. Alta confiabilidade de qualidade dos dados e de sua alocação.
- **Leite pasteurizado:** Presença dos dados somente num período de tempo relativamente breve, 1989– 1996. Falta de dados oficiais para os outros períodos.
- **Celulose:** Presença dos dados oficiais de produção: 1970 – 2018 a nível nacional.

4. Resultados

Tabela 11 – Emissões totais (M toneladas de CO₂e -GWP –AR5) do setor por resíduos sólidos e líquidos em anos de interesse

	1970	1980	1990	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Emissões pelo Tratamento de Efluentes Líquidos	17	28	40	68	90	122	128	128	134	138	139	141	144	146
Efluentes Líquidos Domésticos	15	23	33	45	53	63	65	68	71	72	72	73	73	74
Não Aplicável	15	23	33	45	53	63	65	68	71	72	72	73	73	74
Efluentes Líquidos Industriais	2	5	7	23	37	59	63	60	63	67	67	68	70	73
Produção de Açúcar	-	-	-	5	11	18	20	19	20	20	19	18	21	21
Produção de Álcool	-	-	-	3	5	12	13	11	11	13	13	14	13	13
Produção de Carne Avícola	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Produção de Carne Bovina	0	0	1	2	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4
Produção de Carne Suína	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Produção de Celulose	0	2	3	7	11	16	16	16	17	19	20	22	22	24
Produção de Cerveja	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Produção de Leite Cru	1	2	2	4	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Produção de Leite Pasteurizado	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emissões provenientes de Resíduos Sólidos	-	25	43	87	111	123	129	133	138	142	146	149	151	152
Emissões pela Tratamento de Resíduos por Incineração	-	-	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Resíduos de Serviços de Saúde	-	-	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Resíduos Sólidos Industriais Perigosos	-	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Emissões pela Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos	-	25	43	86	109	122	127	132	136	140	144	147	149	150
Resíduos Sólidos Urbanos	-	25	43	86	109	122	127	132	136	140	144	147	149	150
Total Geral	17	53	83	154	201	245	257	261	272	280	285	290	294	299

Tabela 12 – Emissões totais por tipo de GEE (mil toneladas) em anos de interesse

Subsetor e tipo de gás	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018
Emissões pela Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos												
CH4 (t)	-	155	279	385	482	678	966	1.230	1.367	1.618	1.673	1.689
Emissões pela Tratamento de Resíduos por Incineração												
CO2 (t)	-	-	-	-	19	95	122	164	214	243	241	241
N2O (t)	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Emissões pelo Tratamento de Efluentes Líquidos												
CH4 (t)	158	210	270	322	378	504	666	901	1.255	1.439	1.489	1.518
N2O (t)	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	7

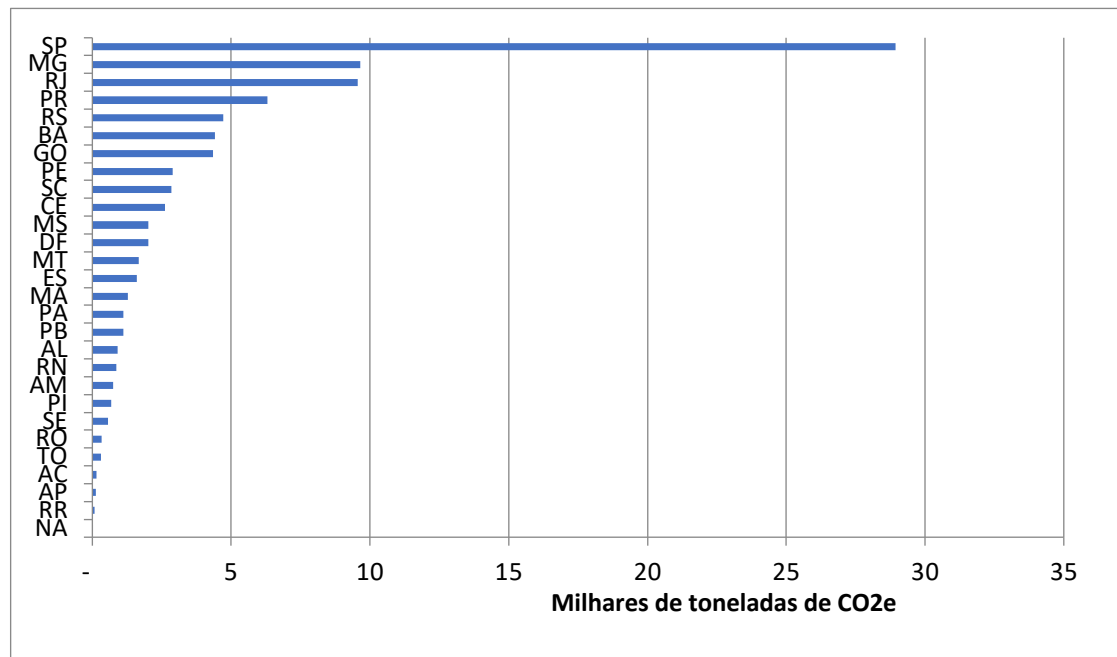
Tabela 13 – Emissões totais desagregadas por UFs (Mil toneladas de CO₂e -GWP –AR5) em anos de interesse

Estados	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018
AC	5	12	19	27	36	48	68	91	116	136	138	139
AL	53	95	138	190	245	401	527	839	981	1.029	961	906
AM	33	79	123	176	233	305	407	524	638	757	763	759
AP	5	10	14	22	31	46	63	81	96	115	117	118
BA	267	498	732	1.001	1.285	1.721	2.235	2.745	3.541	4.217	4.368	4.421
CE	152	289	429	588	757	990	1.279	1.617	2.009	2.473	2.570	2.617
DF	43	135	243	347	448	675	944	1.257	1.631	1.893	1.962	2.014
ES	67	151	222	291	358	492	665	888	1.259	1.503	1.532	1.593
GO	132	311	485	655	823	1.144	1.584	2.186	3.096	4.127	4.257	4.351
MA	64	118	180	248	323	457	645	849	1.026	1.213	1.252	1.281
MG	597	1.281	1.804	2.224	2.615	3.345	4.497	5.828	7.474	9.107	9.521	9.663
MS	37	57	119	154	226	435	658	892	1.361	1.915	2.053	2.014
MT	51	145	181	224	302	448	685	995	1.216	1.526	1.581	1.660
NA ⁵	2	2	3	4	5	8	5	10	8	7	6	10
PA	88	182	259	341	418	555	733	920	1.029	1.117	1.118	1.125
PB	85	147	207	272	342	444	554	729	905	1.060	1.088	1.108
PE	239	423	600	771	944	1.244	1.574	2.050	2.495	2.813	2.896	2.905
PI	45	83	124	169	220	287	372	463	564	645	667	681
PR	274	579	936	1.219	1.491	2.081	2.863	3.867	5.249	6.033	6.212	6.298
RJ	672	1.810	2.581	3.128	3.550	4.597	6.026	7.418	8.539	9.415	9.520	9.569
RN	62	109	157	212	272	352	446	581	708	816	840	862
RO	6	17	32	65	101	123	159	220	270	297	330	338
RR	2	4	7	12	18	27	36	44	55	62	65	69
RS	364	729	1.092	1.367	1.636	2.131	2.706	3.331	3.903	4.470	4.625	4.722

⁵ Não Alocado (NA) – Emissões que não foram passíveis de alocação

Estados	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017	2018
SC	132	266	401	534	675	925	1.243	1.633	2.113	2.618	2.770	2.836
SE	35	62	91	120	160	206	271	355	450	558	566	574
SP	1.311	3.164	4.839	6.224	7.551	10.775	15.769	20.791	24.329	27.411	28.506	28.948
TO	11	17	24	34	54	103	153	202	234	307	311	313
Total Geral	4.834	10.776	16.040	20.617	25.121	34.362	47.167	61.406	75.295	87.638	90.598	91.893

Figura 3 - Emissões de GEE por UF em 2017



5. Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional

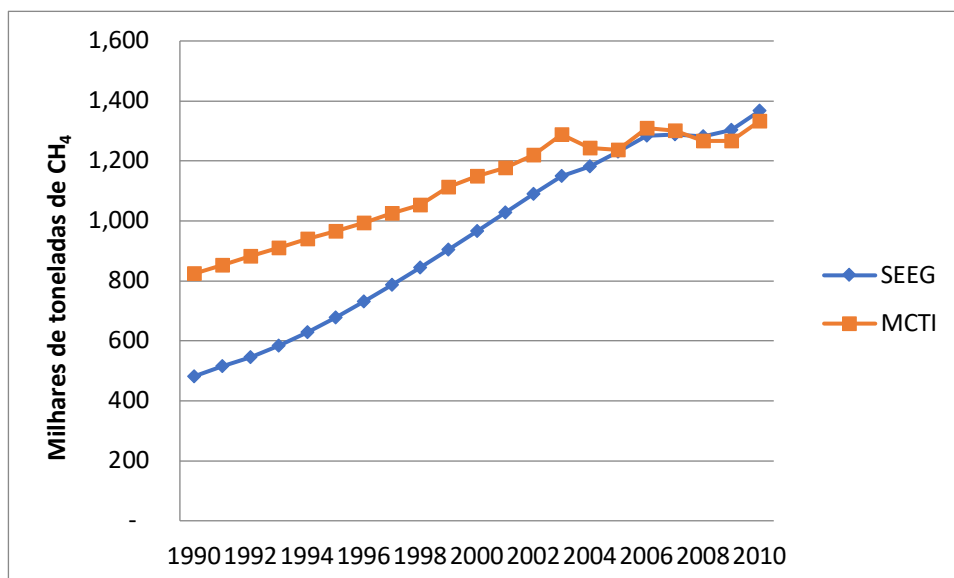
A Tabela 14 apresenta a razão e correlação entre as estimativas de emissões de GEE obtidas no âmbito da plataforma SEEG e pelo Terceiro Inventário Nacional. Nota-se que as maiores diferenças percentuais observadas se referem a análise de resíduos sólidos. No entanto, para todas as atividades geradoras de GEE, é possível observar uma forte correlação entre o comportamento das curvas históricas de emissões no período de 1990 a 2010.

Tabela 14 – Comparação dos resultados do SEEG com o Inventário Nacional (MCTI, 2016)

Fontes de emissão de GEE	GEE (toneladas)	1990			2010			Correlação
		SEEG	MCTI	SEEG/MCTI	SEEG	MCTI	SEEG/MCTI	
Disposição de RSU	CH ₄	481.514	824.000	0,58	1.366.720	1.333.000	1,03	0,99
Incineração	CO ₂	18.840	18.840	1,00	213.828	174.810	1,22	0,99
Efluentes Líquidos Domésticos	CH ₄	295.099	267.000	1,11	588.564	513.000	1,15	1,00
	N ₂ O	3.902	4.320	0,90	6.265	7.203	0,87	1,00
Efluentes Líquidos Industriais	CH ₄	82.918	82.570	1,00	666.034	622.990	1,07	1,00

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, principalmente no que se refere ao ano de 1990. Em relação à comparação com os resultados obtidos no Inventário Nacional é observado um comportamento interessante, onde a diferença dos resultados atinge um pico em 1990 com gradativa redução nos anos posteriores. A **Error! Reference source not found.** apresenta os resultados obtidos a partir das distintas abordagens.

Figura 4 - Comparação dos resultados obtidos para as emissões de metano pelas abordagens utilizadas no SEEG 6.0 e no MCTI para o subsetor de resíduos sólidos



Essa significativa diferença para os anos 90 pode ser explicada pelas diferentes premissas adotadas em relação ao tipo de disposição final adotada. No Relatório de Referência se estabelece, para toda a série

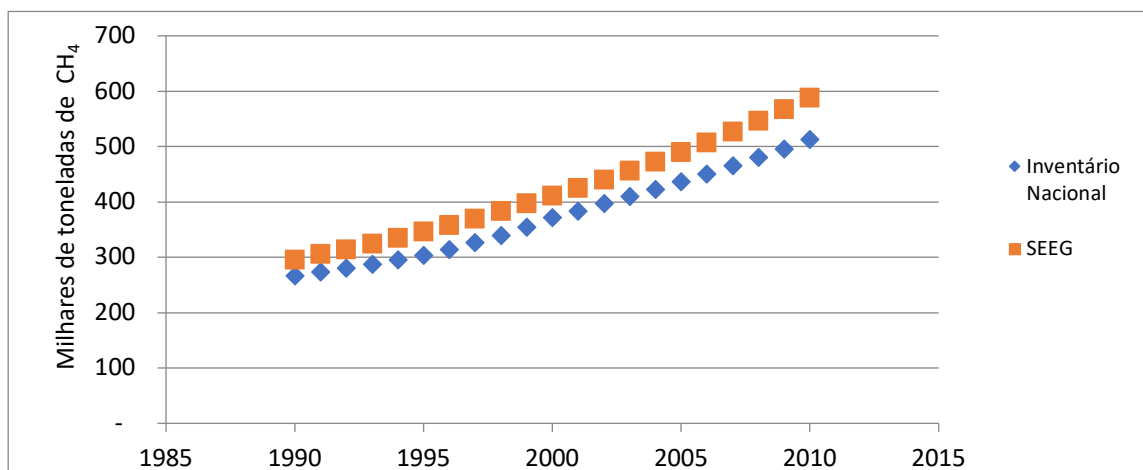
analisada (1970-2010) a condição de que todo resíduo coletado em cidades com mais de 1 milhão de habitantes é encaminhado para aterros sanitários, cidades com número de habitantes entre 50 mil e 1 milhão dispõem seus RSU em aterros controlados e cidades até 50 mil habitantes encaminham seus resíduos 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)

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 por incineração. 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.

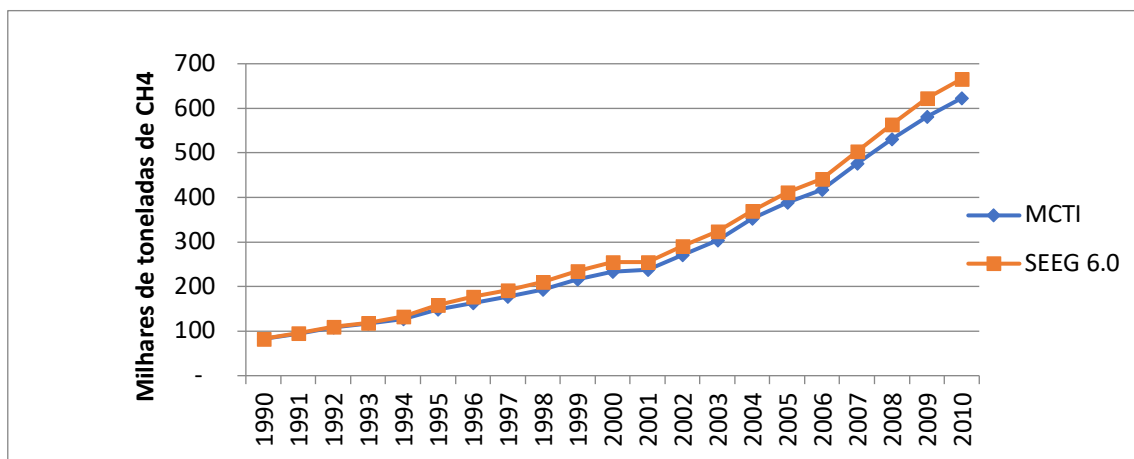
O setor de efluentes líquidos domésticos apresenta uma superestimação das emissões de GEE em relação ao inventário nacional, também relacionada com as distintas abordagens utilizadas. No contexto do SEEG para se estimar as emissões do subsetor foram utilizados dados recentes e municipais do Atlas de Esgotos no Brasil lançado pela ANA em 2017. A diferença está relacionada à aplicação de distintos MCF ponderados e também a população considerada para a análise. No escopo do Atlas de Esgotos, contempla-se apenas a população urbana em contraposição ao Inventário Nacional que utiliza como base a população com escoadouro. A Figura 5 apresenta a comparação dos resultados obtidos por ambas as abordagens.

Figura 5 Comparação dos resultados obtidos para as emissões de metano pelas abordagens adotadas pelo SEEG 6.0 e o MCTI para o subsetor de efluentes líquidos domésticos



Por fim, a pequena diferença encontrada para o subsetor de efluentes líquidos domésticos está associada principalmente a divergência na obtenção de dados de produção industriais. Isso ocorre por uma atualização retroativa dos bancos de dados utilizados ou pela utilização de diferentes fontes de informações.

Figura 6 - Comparação dos resultados obtidos para as emissões de metano pelas abordagens adotadas pelo SEEG 6.0 e o MCTI para o subsetor de efluentes líquidos domésticos



6. Bibliografia

ANA - Agência Nacional de Águas (Brasil). Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas / Agência Nacional de Águas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, 2017.

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 Indústria 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

As estimativas de emissões por Estado do período de 1970 a 2016 também foram calculadas pela aplicação do método de Compromisso de Metano (CM), classificado como tier 1 nas diretrizes do IPCC de 2000. Esse modelo quantifica as emissões a partir da disposição final de resíduos sólidos em determinado ano, onde se parte do pressuposto que todo componente orgânico degradável disposto em aterros produz metano de forma imediata, contrapondo-se a metodologia de Decaimento de Primeira Ordem, empregada tanto no Inventário Nacional quanto na atual versão do SEEG, 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 pelo modelo CM é definida de acordo com as equações a seguir:

$$Q(t)CH_4 = \Sigma(MSW_t * L_0 * (1 - freq) * (1 - OX))$$

Onde:

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

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

L₀ : Potencial de Geração de Metano - definido de acordo com a equação a seguir:

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

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

DOC: Carbono orgânico degradável

DOC_f: Fração do DOC que degradável [adimensional]

OX: Fator de Oxidação

Os valores defaults, as taxas de coleta e definição da variável DOC são os mesmos utilizados para a aplicação da metodologia de decaimento de primeira ordem e estão descritos no item 2.1.

7.1.1 Resultados

Os resultados obtidos pela aplicação da metodologia Compromisso de Metano estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15 – Emissões de CH₄ provenientes da disposição final de RSU pelo método CM em anos de interesse

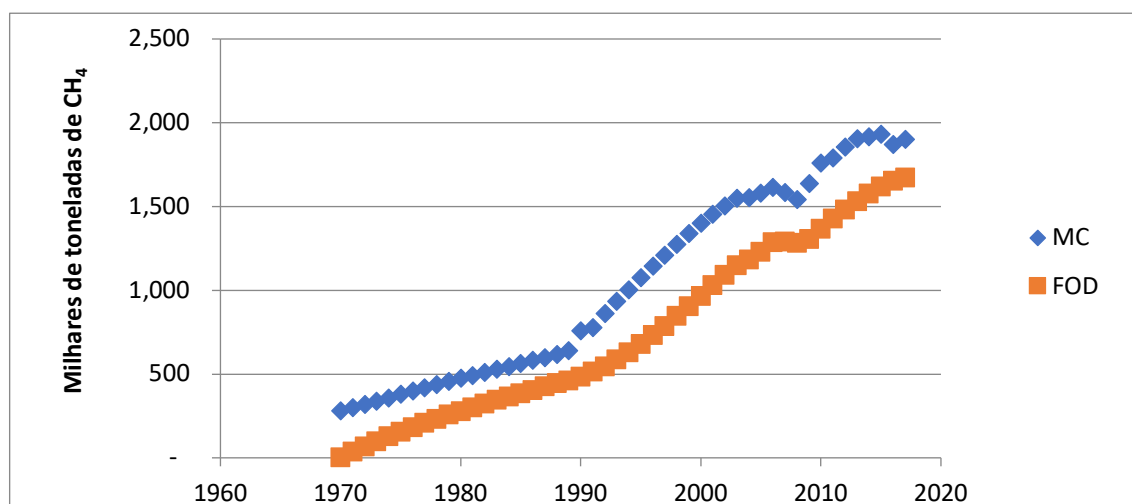
Brasil (1970-2002)	1970	1975	1980	Mil toneladas				
	1985	1990	1995	2000	2002			
CH ₄	281	378	475	563	758	1.074	1.401	1.505
tCO ₂ e - GWP								
100-AR5	7.872	10.588	13.286	15.772	21.235	30.085	39.229	42.136
(2010-2016)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
CH ₄	1.759	1.792	1.856	1.903	1.914	1.933	1.869	1.900
tCO ₂ e - GWP								
100-AR5	49.254	50.169	51.976	53.296	53.606	54.112	52.320	53.195

Apesar de ser considerada mais imprecisa, a metodologia Compromisso de Metano apresenta alguns aspectos interessantes, no sentido que facilita o acompanhamento na implantação de medidas de mitigação, pois o impacto nas emissões pode ser monitorado no mesmo ano de execução. Outro aspecto significativo para se destacar é a diminuição nas emissões relacionadas ao tratamento de RSU no ano de 2016, motivado pela crise econômica e pela diminuição do consumo. Ao mesmo tempo que em 2017, com o incipiente reaquecimento da economia, já foi observado um aumento nas taxas de geração e coleta, e consequentemente na quantidade de metano emitido.

7.1.2 Comparação com o método Compromisso de Metano e o Decaimento de Primeira Ordem

Os resultados obtidos a partir das duas análises realizadas no âmbito da versão 6.0 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 7.

Figura 7 – Comparação entre as emissões de CH₄ estimadas pelo Método Compromisso de Metano e FOD



7.2 Anexo 2

Na atual versão do SEEG foi realizado o exercício preliminar para quantificar as emissões de GEE relacionadas ao tratamento de resíduos sólidos e líquidos a nível municipal. Foram utilizadas as mesmas abordagens para os estados, no entanto a nível municipal apenas foi considerado o período de 1990 e 2018. As descrições das metodologias adotadas para cada subsetor podem ser observadas nos tópicos a seguir.

Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Para estimar as emissões relacionadas à disposição de resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários, controlados ou lixões partiu-se da premissa que a emissão de GEE relacionada ao tratamento de resíduos deve ser alocada no município em que se observou a geração e a coleta desses materiais, independentemente se local de disposição final se encontra dentro ou fora das fronteiras de determinado município.

A metodologia utilizada e valores default podem ser encontrados na seção 2.1. Nessa primeira versão dos cálculos municipais se optou por utilizar a média de taxa de coleta per capita do estado de São Paulo e aplicar sobre a população urbana de cada município, obtendo-se uma estimativa do total coleta anual por município. Para os tipos de disposição final, também foram utilizados dados médios do estado de São Paulo e as frações estaduais foram aplicadas para o total coletado por município.

Por fim, a variável de carbono orgânico degradável (DOC), relacionada com a composição gravimétrica do RSU, também foi aplicada considerando as taxas estaduais. Todas as variáveis utilizadas, em anos de interesse, podem ser observadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Variáveis do estado de São Paulo utilizadas no cálculo de estimativas de emissões de GEE para os municípios

Ano	Taxa de coleta		Disposição final adequada	Disposição final inadequada – Lixões	Disposição final inadequada – Aterros controlados	Fração de recuperação de metano	DOC
	mil toneladas/dia	mil toneladas/ano	%	%	%	adimensional	t de C/ t de RSU
1990	26	9.437	4,99	88,69	6,31	0	0,16
1995	31	11.479	29,28	61,58	9,14	0	0,15
2000	38	13.709	52,63	35,48	11,89	0	0,14
2005	44	15.966	68,25	17,97	13,78	0,12	0,13
2010	55	19.947	76,2	8,7	15,1	0,4	0,12
2011	55	20.153	76,5	8,6	14,9	0,4	0,12
2012	57	20.668	76,3	8,7	15	0,4	0,11
2013	59	21.641	76,4	8,5	15,1	0,4	0,11
2014	61	22.196	76,8	8,2	15	0,4	0,11
2015	62	22.687	77,2	7,9	14,9	0,4	0,11
2016	61	22.251	76,9	8,1	15	0,4	0,11
2017	61	22.341	76,57	8,53	14,9	0,4	0,10
2018	62	22.560	76,57	8,53	14,9	0,4	0,10

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

A premissa utilizada para estimar as emissões provenientes do tratamento térmico de resíduos por incineração seguiu a mesma abordagem utilizada para a disposição final de resíduos sólidos, onde se considera que a emissão deve ser alocada no município em que o resíduos foram gerados e não no local de tratamento.

Para tanto, as taxas de coleta de resíduos de serviços e de resíduos sólidos industriais foram alocadas nos municípios que compõem o estado de São Paulo com base na população urbana. Destacando-se que foram adotadas as mesmas metodologias e valores default descritos na seção 2.4.

A estimativa da quantidade de resíduos especiais coletados no estado de São Paulo e encaminhados para a incineração pode ser observada na Tabela 17 - Estimativa de Resíduos de Serviços de Saúde e Resíduos Industriais coletados no estado de SP em anos de interesse.

Tabela 17 - Estimativa de Resíduos de Serviços de Saúde e Resíduos Industriais coletados no estado de SP em anos de interesse

Ano	Resíduos de Serviços de Saúde (RSS)	Resíduos Industriais (RSI)
	tonelada	tonelada
1990	1.690,36	1.307,43
1995	7.802,34	6.815,10
2000	13.914,32	7.594,58
2005	20.026,30	9.937,71
2010	26.138,28	12.887,97
2011	26.138,28	13.074,89
2012	27.764,97	13.547,83
2013	29.195,56	14.020,77
2014	32.660,80	14.493,72
2015	33.032,45	14.966,66
2016	35.270	25.325,42
2017	34.485	25.578,67
2018	34.824	25.578,67

Efluentes Líquidos Domésticos

Para efluentes líquidos domésticos, o cálculo da atual versão do SEEG foi realizado com recorte municipal para todos os estados do Brasil, especificamente ao que se refere aos índices de coleta e tratamento dos municípios. Já o MCF ponderado, variável referente ao tipo de tratamento adotado, é utilizado com base em um valor nacional. As abordagens utilizadas podem ser observadas na seção 2.2.

Um aspecto interessante é que o estado se destaca no que se refere aos índices de coleta e tratamento de efluentes domésticos quando comparado a outros estados no Brasil, principalmente com UFs da macrorregião norte e nordeste. A Tabela 18 apresenta a distribuição dos perfis de índice de coleta em São Paulo, onde se pode observar que cerca de 57% dos municípios na região coletam e tratam mais de 90% dos seus efluentes domésticos.

Tabela 18 - Distribuição de índices de coleta e tratamento nos municípios de São Paulo

Índice de coleta e tratamento	Número de municípios	Contribuição %
Maior ou igual a 90%	366	57%
Menor que 90% e maior que 50%	158	24%
Menor ou igual a 50% e maior que 20%	42	7%
Menor ou igual a 20%	79	12%

Efluentes líquidos Industriais

Para estimar as emissões de GEE relacionadas ao tratamento de efluentes líquidos industriais foi realizado um exercício de alocação da produção industrial do estado do estado de São Paulo. Com exceção para a produção industrial de leite cru, que foi obtida diretamente a nível municipal. A descrição da produção industrial do estado pode ser observada na Tabela 1

As metodologias adotadas são semelhantes às apresentadas na seção 2.3 e foram utilizados os mesmos valores de MCF ponderado e taxas de recuperação de metano apresentados a nível nacional.

Tabela 19 - Produção industrial no estado de São Paulo em ano de interesse

Ano	Leite Pasteurizado	Leite Cru	Cerveja	Celulose	Carne Suína	Carne Bovina	Carne Avícola	Álcool	Açúcar
	Mil t	Mil l	Mil t	Mil t	Mil t	Mil t	Mil t	Mil t	Mil t
1990	542	1.960.781	756	2.015	40	535	426	6.269	3.032
1995	421	1.981.844	1.620	2.661	63	699	457	6.994	7.598
2000	218	1.861.425	1.819	3.404	63	562	649	6.762	13.091
2005	197	1.744.179	1.877	4.686	104	1.051	920	7.283	16.576
2010	247	1.605.657	2.697	6.082	155	887	1.551	11.988	20.729
2011	233	1.601.220	2.799	5.820	140	809	1.724	12.329	23.446
2012	223	1.689.715	2.896	5.770	141	833	1.558	9.297	21.068
2013	182	1.675.914	2.753	6.244	140	895	1.414	9.470	23.289
2014	184	1.736.144	2.944	6.797	152	893	1.439	11.156	23.963
2015	125	1.768.414	2.904	7.170	161	806	1.485	10.986	21.877
2016	122	1.706.147	2.848	7.749	182	755	1.531	11.677	21.567
2017	122	1.693.537	2.719	7.988	171	779	1.595	10.566	24.248
2018	113	1.640.054	2.933	8.637	185	822	1.588	10.589	24.591

O processo de alocação industrial foi realizado a partir de diferentes indicadores para cada tipo de indústria, conforme as seguintes atribuições:

- Produção de leite pasteurizado – alocação proporcional à produção municipal de leite cru.
- Produção de leite cru – dados obtidos em escala municipal na plataforma SIDRA.

- Produção de cerveja – distribuição da produção industrial nos municípios que alocam grandes indústrias de produção de cerveja, são eles: Agudos, Araraquara, Boituva, Bragança Paulista, Campos de Jordão, Guarulhos, Itu, Jacaréí, Jaguariúna e Ribeirão Preto.
- Produção de celulose – distribuição da produção industrial nos municípios que alocam as grande indústrias de produção de celulose, são eles: Lençóis Paulista, Limeira, Luís Antônio, Jacaréí, Mogi Guaçu e Suzano.
- Produção de carne suína – alocação da produção industrial conforme o número de cabeças por município.
- Produção de carne bovina – distribuição da produção industrial nos municípios relacionada com a localização de matadouros de bovinos. Ao todo, são observados 28 matadouros no estado distribuídos em 23 municípios.
- Produção de carne avícola - alocação da produção industrial conforme o número de cabeças por município.
- Produção de álcool e açúcar – alocação da produção industrial conforme o número de usinas no estado de São Paulo e sua capacidade de produção. Essas informações foram obtidas no WEBMAP interativo do sistema energético brasileiro no site da Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Conforme a referência utilizada, são observadas 94 usinas de produção de álcool e açúcar no estado.

7.2.1 Qualidade de dados

A Tabela 20 apresenta uma análise referente aos critérios de alocação municipal dos dados de atividade. A partir de indicadores foi possível realizar alocar todos os dados nos municípios de São Paulo, com diferentes níveis de qualidade dos critérios adotados. Destaca-se que a estimativa de emissões de GEE provenientes do tratamento de resíduos desagregadas por municípios é marcada pela necessidade de aprimoramento.

Tabela 20 – Qualidade de alocação de dados de atividade na escala municipal

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	2	2	1	2	2
Incineração de Resíduos						
Resíduos de Serviços de Saúde	1	2	3	1	2	2
Resíduos Industriais	1	3	3	3	3	3
Tratamento de Efluentes Domésticos						
	1	2	2	2	2	2
Tratamento de Efluentes Industriais						
Produção de Açúcar	1	2	2	1	2	2
Produção de álcool	1	2	2	1	2	2
Produção de Carne Avícola	1	3	3	3	2	3
Produção de Carne Bovina	1	2	2	2	2	2
Produção de Carne Suína	1	3	3	3	2	3
Produção de Celulose	1	3	3	3	2	3
Produção de Cerveja	1	3	3	3	2	3

Produção de Leite Cru	1	1	1	1	2	1
Produção de Leite Pasteurizado	1	3	3	3	2	3

Legenda

Aspecto	Valores
OCORRÊNCIA DE ALOCAÇÃO	1 Alocação possível de toda emissão estadual nos municípios (não fica resíduo/montante não alocado)
	2 Alocação parcialmente possível. Parte das emissões estaduais não foi alocada.
	3 Alocação para os municípios 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, mesmo que não seja publico). Dados que só existem nas empresas ou agentes economicos 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
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

7.2.2 Resultados

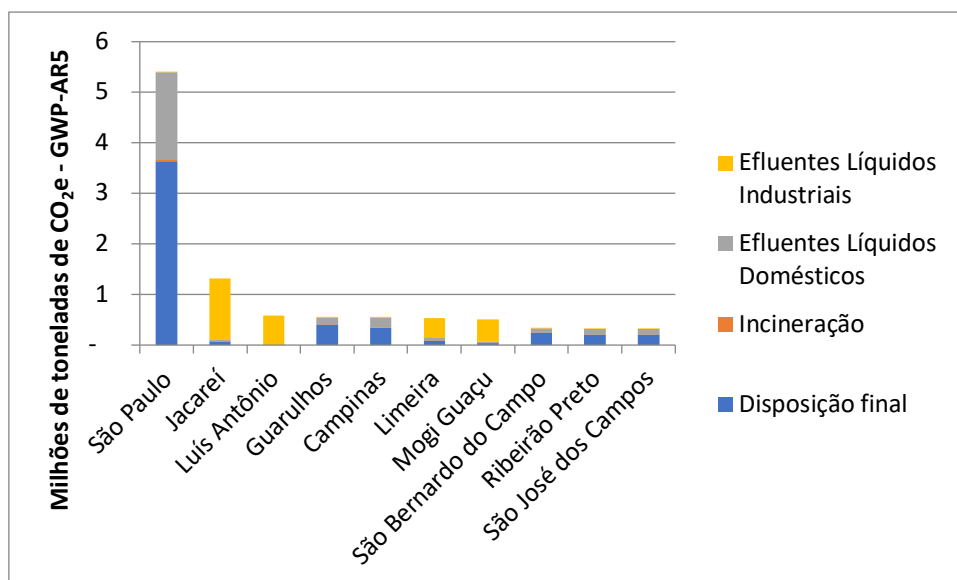
A Tabela 21 apresenta os resultados totais na análise realizada para os municípios no estado de São Paulo em anos de interesse. Nota-se que assim como a nível nacional e estadual, a maior contribuição atual no setor ocorre por emissões relacionadas à disposição final de RSU, seguida pelo tratamento de efluentes líquidos industriais, efluentes domésticos e por fim, a uma baixa contribuição relacionada ao tratamento por incineração.

Tabela 21 - Somatória das emissões de GEE nos municípios no estado de São Paulo

Subsetor	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2017	2018
Emissões pela Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos	4.470	6.323	9.321	11.599	10.854	12.832	12.966	13.044
Emissões pela Tratamento de Resíduos por Incineração	6	28	37	51	66	80	80	80
Emissões pelo Tratamento de Efluentes Líquidos Domésticos	2.465	2.858	3.432	4.211	5.167	6.174	6.222	6.281
Emissões pelo Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais	611	1.566	2.978	4.930	8.241	8.907	9.239	9.541
Total	7.551	10.775	15.769	20.791	24.329	27.993	28.506	28.947

Já a Figura 8 apresenta os dez municípios do estado que mais contribuem para as emissões de GEE no setor de resíduos, com destaque à disposição final de RSU no município de São Paulo. Outro aspecto interessante a ser destacado é a inclusão de municípios de Jacareí, Luís Antônio, Limeira e Mogi Guaçu nesse índice de maiores contribuintes apesar de não apresentarem taxas populacionais tão significativas. Esse comportamento é explicado pela forte presença de indústria nas regiões, com destaque para a produção de celulose.

Figura 8 - Municípios no estado de São Paulo que mais contribuem para as emissões no setor de resíduos, com uma desagregação por subsetor.



7.2.3 Aspectos a serem aprimorados

Conforme mencionado anteriormente, o processo de estimativa de emissões de GEE a nível municipal foi apenas um exercício preliminar que deve ser aprimorado em versões futuras. Para a o subsetor de disposição final de RSU, destaca-se a necessidade da consolidação de um banco de dados a nível municipal com a inclusão de informações como taxa de coleta per capita, composição gravimétrica e rotas de tratamento adotadas.

Para emissões relacionadas com o tratamento por incineração, destaca-se também a necessidade da consolidação de um banco de dados, além de informações sobre eficiência e tipos de tecnologias adotadas no processo térmico.

Em relação aos efluentes líquidos domésticos, o principal aspecto a ser aprimorado em novas versões é obtenção de informações sobre os tipos de tratamento adotado nos diferentes municípios. E, por fim, para o setor de efluentes industriais, destaca-se a necessidade de informações mais específicas sobre a produção industrial de cada município, bem com o tipo de tratamento adotado e se são observadas a aplicação de tecnologias de recuperação de metano.