



Centro Clima
CENTRO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE
MEIO AMBIENTE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

Apoio:

Instituto Clima e Sociedade (ICS)

WWF – Brasil



PROJETO IES-Brasil – 2050

**Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e
Mudanças Climáticas
(Centro Clima/COPPE/UFRJ)**

Cenário de Emissão de GEE

Setor de Resíduos

Estimativas de Emissões de GEE do Setor de Resíduos até 2050

Relatório Técnico

Autoras

Carolina Burle Schmidt Dubeux

Angéli Viviani Colling

Emissão de Gases de Efeito Estufa – 2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental

CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ

COORDENAÇÃO GERAL

Emilio Lèbre La Rovere

COORDENAÇÃO EXECUTIVA

Carolina Burle Schmidt Dubeux

MODELAGEM MACROECONÔMICA

William Wills (coordenador)

Julien Lefèvre

Carolina Grottera

Setor de Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra (AFOLU)

Carolina B.S. Dubeux (coordenadora)

Michele Karina Cotta Walter

Ana Maria Rojas Méndez

Isabella da Fonseca Zicarelli

Setor Energético

Amaro Olímpio Pereira Junior

(coordenador)

Sergio Henrique Ferreira da Cunha

Gabriel Castro

Mariana Weiss de Abreu

Setor Industrial

Amaro Olímpio Pereira Junior

(coordenador)

Felipe C.B. Santos

Carolina B.S. Dubeux

Setor de Resíduos

Carolina B.S. Dubeux

Angéli Viviani Colling

Setor de Transporte

*(Laboratório de Transporte
de Carga – LTC/COPPE/UFRJ)*

Márcio de Almeida D'Agosto

(coordenador)

Daniel Neves Schmitz Gonçalves

Luiza Di Beo Oliveira

Integração dos Modelos Energéticos de Demanda

Claudio Gesteira

Colaboração

Daniel Oberling

Saulo Machado Loureiro

Assistente de Coordenação

Isabella da Fonseca Zicarelli

Apoio

Carmen Brandão Reis

Elza Ramos

Sumário

1.	Introdução	1
2.	Resíduos Sólidos	3
2.1.	Classificação dos Resíduos	4
2.2.	Aproveitamento Energético	6
2.3.	Resíduos Sólidos Urbanos	6
2.4.	Resíduos Sólidos Industriais e de Saúde (Incineração)	7
2.5.	Resultados de Resíduos Sólidos	8
3.	Esgotos e Efluentes	9
3.1.	Esgotos Sanitários	9
3.2.	Efluentes Industriais	10
3.3.	Resultados de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais	10
4.	Consolidação dos Resultados	11
5.	Prospecção Tecnológica	13
6.	Anexo Metodológico	17
7.	Referências	23

Tabelas

Tabela 1.	Classificação e Periculosidade de Resíduos.....	5
Tabela 2.	Hipótese da Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos (2000-2050).....	7
Tabela 3.	Estimativas de Emissões de Resíduos Sólidos, por gás original (Gg).....	8
Tabela 4.	Hipótese dos Níveis de Recuperação de Metano na Indústria (2000-2050).....	10
Tabela 5.	Estimativas de Emissões de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais, por gás original (Gg).....	10
Tabela 6.	Fatores de Correção do Metano (FCM) e respectivos Fatores de Emissão (FE) de esgotos e efluentes.	22

Figuras

Figura 1.	Participação das Fontes de Emissão de Resíduos, em 2010 (%)	1
Figura 2.	Destinação dos RSU no Brasil (%).....	4
Figura 3.	Evolução das Emissões de Resíduos Sólidos 2010-2050 (Gg CO ₂ e).....	8
Figura 4.	Tipos de Tratamento de Esgoto no Brasil.....	9
Fonte: MCTI (2015)		9
Figura 5.	Evolução das Emissões de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais 2010-2050 (Gg CO ₂ e).....	11
Figura 6.	Evolução das Emissões de Resíduos 2010 – 2050 (GgCO ₂ e).....	12

1. Introdução

Esse relatório apresenta estimativas simplificadas de emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor de resíduos para o horizonte temporal de 2050, como parte integrante do projeto IES-Brasil 2050. As emissões estimadas compreendem aquelas provenientes do tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), industriais (RSI) e de saúde (RSS) e de esgotos urbanos e efluentes industriais. Apresenta também algumas opções de aproveitamento energético do tratamento de resíduos como forma de reduzir as emissões de GEE.

Em 2010, ano do último inventário nacional, as emissões de resíduos alcançaram 71,2 milhões de toneladas¹, 2,1% das emissões totais do país. Observa-se uma participação majoritária dos RSU no total emitido pelo setor de resíduos, conforme a figura a seguir:

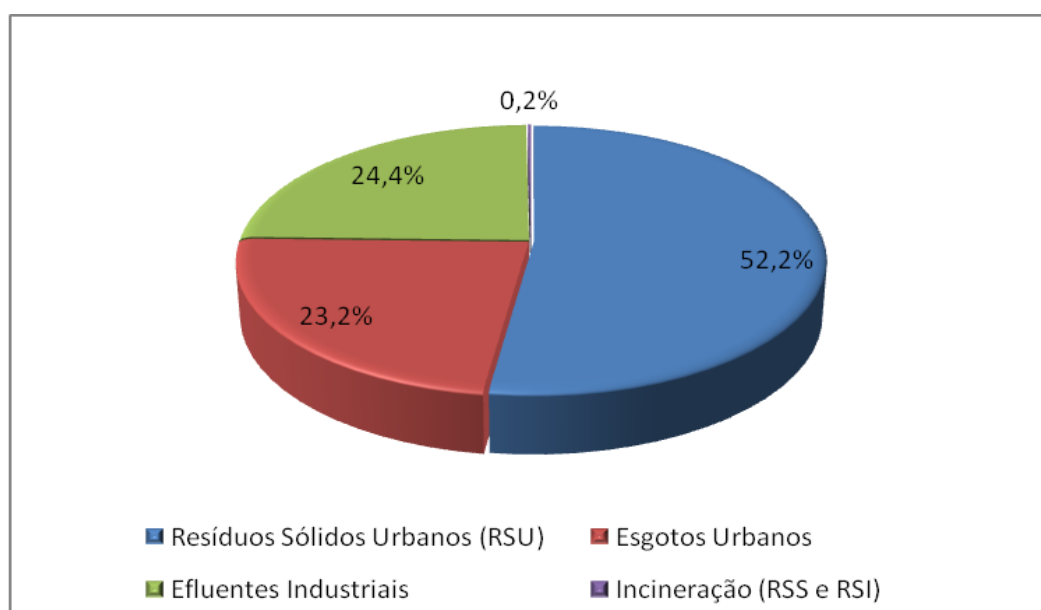


Figura 1. Participação das Fontes de Emissão de Resíduos, em 2010 (%)

Fonte: a partir de MCTI (2015)

Para as estimativas, considerando as limitações das bases de dados disponíveis, estimaram-se as emissões de cada uma dessas fontes até o ano de 2050, considerando um cenário onde os planos governamentais para o setor são implementados (cenário de plano governamental – CPG) com

¹ GWP do IPCC AR5.

atraso, tendo em vista que os prazos originais não têm sido observados. Os principais documentos considerados são:

- Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCTI, 2015);
- Pesquisas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS);
- Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB, de 2008 (IBGE, 2010), que reúne os resultados sobre a oferta e a qualidade dos serviços de saneamento junto às prefeituras municipais e empresas terceirizadas;
- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014);
- Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010a);
- O Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES, 2012 (MINISTERIO DAS CIDADES, 2012);
- O Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB, 2012 (MMA, 2013).

2. Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos são compostos de uma infinidade de materiais de origem variada como: domiciliar, limpeza urbana, estabelecimentos comerciais e prestação de serviços, serviços de saneamento, industriais, serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, transportes e mineração. A composição gravimétrica relacionada a esses materiais compreendem, em geral, papel, plástico, vidro, metal, tecidos, resíduos orgânico (lodos, restos de alimentos, entre outros). Também existe uma variedade de resíduos procedentes dos processos industriais que variam conforme a tipologia da indústria. Por exemplo, os resíduos das indústrias de bebidas e alimentos contém elevada carga orgânica, mas as indústrias da área de siderurgia possuem grande quantidade de resíduo metálico e lodos que contém metais, ou resíduo inorgânico. Essa diferença é extremamente importante na classificação dos resíduos, quanto às suas características de periculosidade, tipo de tratamento, geração de GEE e aproveitamento energético dos resíduos. Ou seja, para uma clara e correta avaliação de critérios de aproveitamento energético e geração de GEE é de extrema importância a compreensão das distintas formas de composição química dos resíduos.

Assim, tanto empreendimentos quanto a população geram resíduos, de composição variada, e que necessitam de tratamento e disposição, ou seja, é necessária uma solução para o problema. Conforme a forma de tratamento empregada também varia a quantidade de emissões de GEE. De forma semelhante, a dimensão das cidades pode apresentar diferentes índices de geração e composição.

No país, o aterro sanitário é a opção tecnológica para o tratamento dos resíduos de maior penetração, como pode ser visto na figura a seguir. Ressalta-se que o aterro sanitário apresenta alto grau de anaerobiose no condicionamento dos resíduos, gerando maior quantidade de biogás do que as demais opções em prática, pois o principal componente do biogás é o metano.

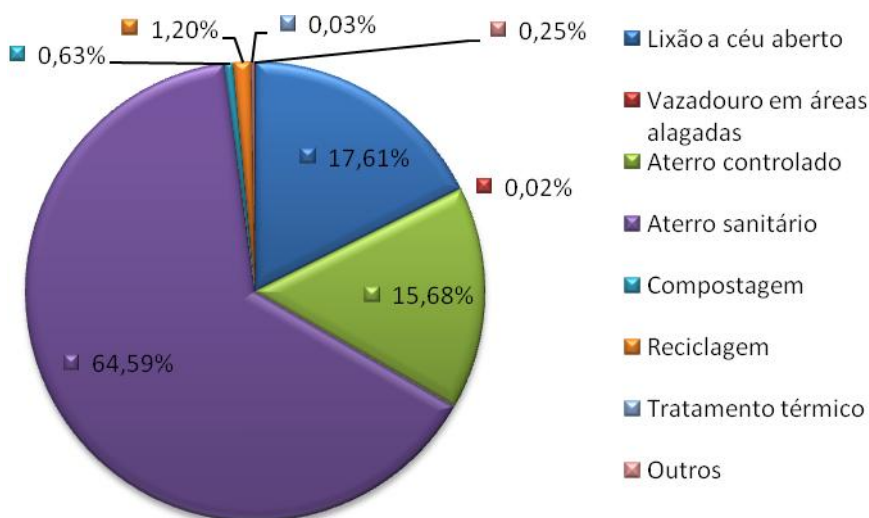


Figura 2. Destinação dos RSU no Brasil (%)

Fonte: IBGE (2010)

2.1. Classificação dos Resíduos

A separação dos resíduos quanto a sua classificação contribui para facilitar a gestão de resíduos, o que facilita a forma de tratamento. Assim também é a relação com a periculosidade dos resíduos. A princípio, no Brasil, seguimos duas classificações de resíduos. Uma, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a outra conforme a descrição da Lei nº 12.305 que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Tabela 1 apresenta um resumo da classificação e da periculosidade de resíduos conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (Norma Brasileira 10004:2004) e, também, a Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).

Tabela 1. Classificação e Periculosidade de Resíduos

Norma	Associação Brasileira de Normas Técnicas Norma Brasileira 10004 (NBR 10004:2004)	Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010
Classificação	<p>Conforme essa norma os resíduos sólidos são definidos como resíduos nos estados sólidos e semissólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT NBR 10004:2004).</p>	<p>a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”; e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”; f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA e do SNVS; h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;</p>
Periculosidade	<p>Classe I – Perigosos Classe IIA – Não perigosos e Não inertes Classe IIB – Não perigosos e Inertes</p>	<p>a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.</p>

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (Norma Brasileira 10004:2004) e Lei Nº 12.305 de 2 de agosto de 2010

2.2. Aproveitamento Energético

A produção de biogás e adubo a partir da biodigestão da fração orgânica do lixo, assim como a reciclagem dos demais percentuais de resíduos (principalmente papel, plástico e vidros) ainda não correspondem ao potencial existente. Conforme a III PNSB, o destino de grande parte dos resíduos são os aterros sanitários, mas ainda grande parte está sendo destinada aos lixões. Atualmente, a solução que pequenos municípios encontraram para o destino do lixo foi utilizar consórcios públicos para a construção de aterros sanitários. Um grande desafio para o aproveitamento e reciclagem dos resíduos é a falta de informação, desconhecimento de financiamentos, falta de recursos e pessoal técnico capacitado.

O maior problema da disposição de resíduos em aterros sanitários é que este material disposto necessita de monitoramento constante porque existe a geração de efluentes líquidos (chorume) e gases. Portanto, é necessária a manutenção e controle constante da área utilizada. Diante desse cenário, iniciaram-se as discussões sobre a implantação de tecnologias que possam realizar o sistema de logística reversa e aproveitamento da energia proveniente da decomposição do resíduo orgânico.

No caso de aterros sanitários, experiências de geração de energia já vêm ocorrendo principalmente nos dois maiores aterros da cidade de São Paulo, os aterros Bandeirantes e São João onde estão em operação duas termelétricas, com 20 e 24,8 MW de potência instalada, respectivamente (EPE, 2015).

O aproveitamento energético de RSU tem um grande potencial a ser aproveitado. Além do gás a partir do aterro, outras tecnologias bem consolidadas em outros países podem ser utilizadas como é o caso da biodigestão acelerada, reciclagem e incineradores, dentre outras.²

2.3. Resíduos Sólidos Urbanos

Conforme dados de 2014 da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) foram geradas no Brasil cerca de 70 milhões de toneladas Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Para estimar a produção de resíduos urbanos foram utilizadas as estimativas de população urbana até 2050, apresentadas no capítulo macroeconômico, e um crescimento de produção de resíduos per capita estimado por uma função logarítmica (por apresentar melhor

² Para uma avaliação das melhores opções tecnológicas disponíveis, ver EPE (2015). Ver também o item 5 desse relatório.

ajuste) que relaciona a produção de resíduos com o crescimento do PIB per capita, o que resultou num crescimento moderado de 68,9% no ano de 2050 relativamente a 2010 (aproximadamente um crescimento total de 1,5% a.a.).

A metodologia do IPCC (*First Order Decay – FOD*, IPCC 2006)³ e respectivos parâmetros foram adotados nos cálculos. Para a evolução da destinação dos RSU foi adotada a seguinte evolução:

Tabela 2. Hipótese da Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos (2000-2050)

	Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
2005	50%	22%	28%
2010	45%	20%	35%
2015	44%	19%	37%
2020	42%	18%	40%
2025	40%	10%	50%
2030	35%	5%	60%
2035	28%	2%	70%
2040	19%	1%	80%
2045	10%	0%	90%
2050	0%	0%	100%

Fonte: a partir de MCTI (2015) para 2008. Demais anos estimativas próprias

Para o cálculo do metano recuperado dos sistemas, por se tratar de um cenário de plano governamental onde estão previstas intervenções sanitárias, mas não um esforço adicional de mitigação de emissões no setor em face de custos extraordinários que seriam verificados, manteve-se o percentual de recuperação do terceiro inventário nacional de emissões (MCTI, 2015).

2.4. Resíduos Sólidos Industriais e de Saúde (Incineração)

A incineração é a opção tecnológica que vem sendo utilizada para o tratamento dos resíduos tanto de saúde (RSS) quanto industriais perigosos (RSI). Na presente Hipótese, a geração de resíduos de saúde cresce conforme a população e a de resíduos industriais conforme o PIB industrial, utilizando-se uma função linear (por apresentar melhor ajuste) a partir dos dados do terceiro inventário de emissões antrópicas de GEE. Os parâmetros considerados nas estimativas (como carbono contido nos resíduos, fração de carbono fóssil, recuperação de biogás, eficiência dos incineradores e fatores de emissão de metano e de óxido nitroso) são também aqueles apresentados no terceiro inventário nacional de emissões (MCTI, 2015)

³ Ver anexo metodológico

2.5. Resultados de Resíduos Sólidos

A tabela a seguir apresenta os valores estimados para as emissões de Resíduos Sólidos ao longo dos anos de cenário, por gás original. O gráfico, em seguida, apresenta a evolução das emissões já convertidas para dióxido de carbono equivalente. Os resultados indicam um crescimento de 192% em 2050 relativamente a 2010 no caso de Resíduos Sólidos Urbanos, de 44% no de Resíduos de Saúde e 102% no de Resíduos Industriais (incineração)

Tabela 3. Estimativas de Emissões de Resíduos Sólidos, por gás original (Gg)

	CH4	CO2			N2O	
	RSU	RSS	RSI	RSS	RSI	
	Gg					
2010	1.224,01	39,38	136,27	0,0028	0,0083	
2015	1.556,37	41,17	139,12	0,0030	0,0085	
2020	1.685,00	46,59	139,65	0,0033	0,0085	
2025	1.947,34	51,04	167,34	0,0037	0,0102	
2030	2.324,26	54,45	195,02	0,0039	0,0119	
2035	2.771,53	56,81	216,58	0,0041	0,0132	
2040	3.277,76	58,02	238,14	0,0042	0,0145	
2050	4.507,03	56,74	275,87	0,0041	0,0168	

Fonte: Estimativas próprias

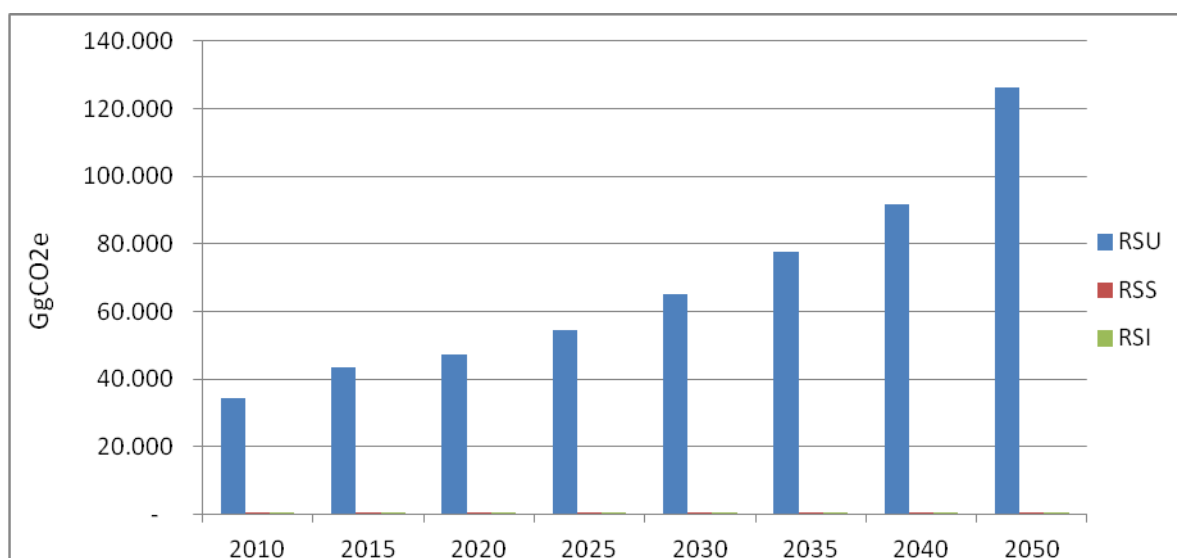


Figura 3. Evolução das Emissões de Resíduos Sólidos 2010-2050 (Gg CO₂e)

Fonte: Estimativas próprias

3. Esgotos e Efluentes

3.1. Esgotos Sanitários

As estimativas de emissões de GEE provenientes do tratamento e da disposição dos esgotos urbanos foram estimadas considerando que a partir de 2030, a totalidade da população urbana estaria atendida por serviços de coleta de esgotos, contra os atuais 57%.

Os tipos de tratamento para 2050 foram mantidos proporcionalmente constantes (mesmo *share* das tecnologias). No caso da população sem coleta, 54% do esgoto são tratados por fossas sépticas e 37% por fossas rudimentares, 5% são despejados diretamente em corpos hídricos e 4% em valas (PNAD, 2008). No caso da população com coleta, o percentual de participação adotado por cada tecnologia encontra-se na figura a seguir.

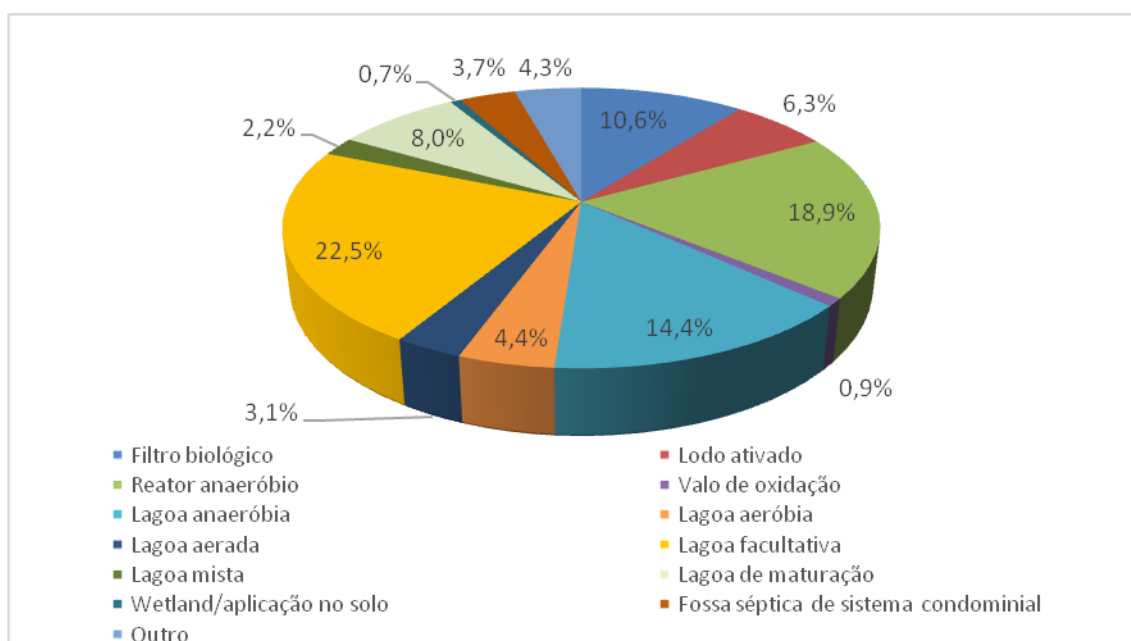


Figura 4. Tipos de Tratamento de Esgoto no Brasil

Figura 5. Fonte: MCTI (2015)

Os processos anaeróbios de tratamento - reatores e digestores anaeróbios de sistemas de lodos ativados – já contam, invariavelmente, com queimadores e o CH₄ emitido por esses sistemas é parcialmente destruído, com uma eficiência de aproximadamente 50% (MCTI, 2015). Os parâmetros

de cálculo foram obtidos no estudo IES-Brasil 2030 (Loureiro et al., 2015) e no Terceiro Inventário Brasileiro (MCTI, 2015).

3.2. Efluentes Industriais

As emissões de efluentes industriais foram estimadas com uma função linear que melhor ajusta a produção de carga orgânica ao PIB industrial, considerando a série história do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões de GEE (MCTI, 2015). A recuperação de metano cresce paulatinamente e obedece aos valores da Tabela 4.

Tabela 4. Hipótese dos Níveis de Recuperação de Metano na Indústria (2000-2050)

	Hipóteses de Recuperação de Metano (%)
2010	35%
2015	38%
2020	40%
2025	43%
2030	45%
2035	48%
2040	50%
2045	53%
2050	55%

Fonte: 2010 (MCTI, 2015)

3.3. Resultados de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais

A tabela a seguir apresenta os valores estimados para as emissões de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais ao longo dos anos de cenário, por gás original. O gráfico, em seguida, apresenta a evolução das emissões já convertidas para dióxido de carbono equivalente. Os resultados indicam um crescimento de 35% em 2050 relativamente a 2010 no caso de Esgotos Sanitários e de 151% no caso de Efluentes Industriais. Note-se que o crescimento de esgotos é relativamente pequeno porquanto a população não cresce sobremaneira e boa parte do esgoto coletado é encaminhado a ETEs anaeróbias, as quais já queimam também boa parte do metano gerado.

Tabela 5. Estimativas de Emissões de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais, por gás original (Gg)

	CH ₄		N ₂ O
	Gg		
	Esgoto	Efluentes Industriais	Esgoto
2010	455	623	8,3

2015	473	587	8,7
2020	489	568	8,9
2025	538	751	9,1
2030	578	953	9,3
2035	605	1.111	9,7
2040	613	1.278	9,8
2050	614	1.563	9,7

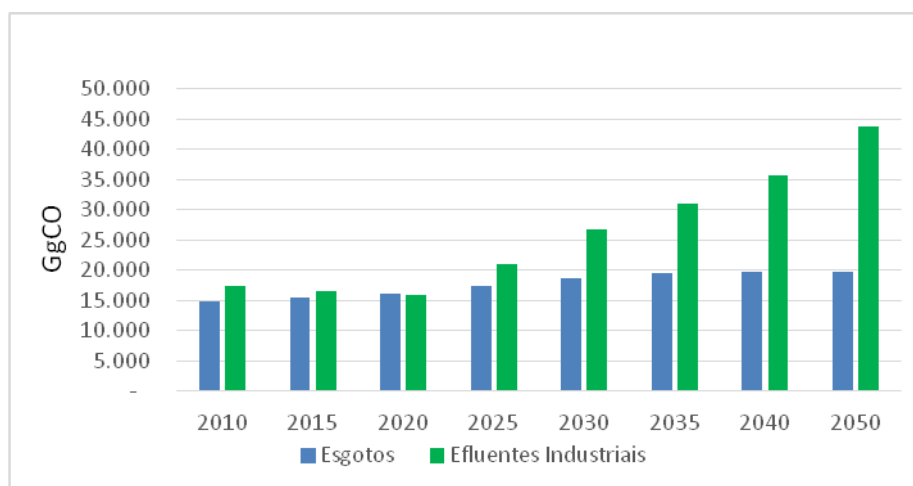


Figura 6. Evolução das Emissões de Esgotos Sanitários e Efluentes Industriais 2010-2050 (Gg CO₂e)

Fonte: Estimativas próprias

4. Consolidação dos Resultados

Os resultados da análise indicam que o crescimento mais significativo das emissões do Setor de Resíduos são aquelas provenientes de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e de Efluentes Industriais, respectivamente 192% e 151% no período 2010-2050. Resíduos Sólidos Industriais (RSI) crescem 102%, enquanto Resíduos Sólidos de Saúde 44% e Esgotos apenas 23%. Esses últimos entretanto continuam pouco expressivos.

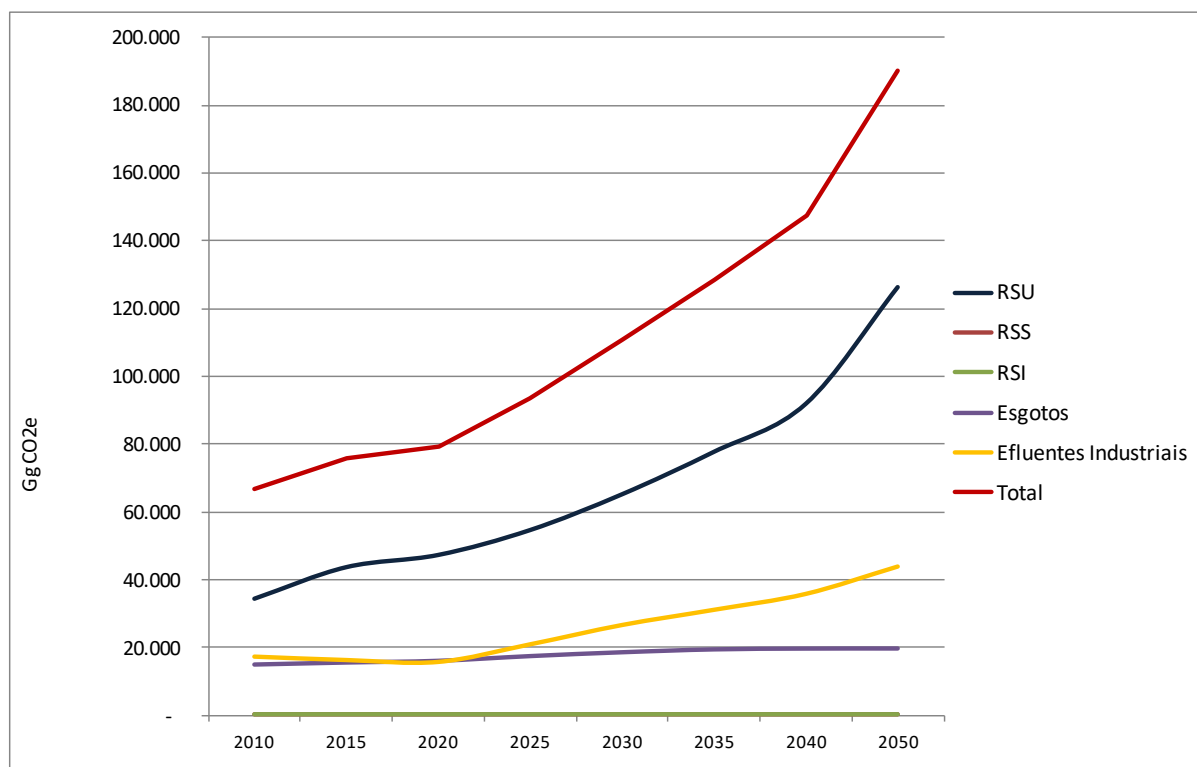


Figura 7. Evolução das Emissões de Resíduos 2010 – 2050 (GgCO₂e)

5. Prospecção Tecnológica

SETOR	Resíduos
Subsetor	Resíduos Sólidos
Unidade Principal	Toneladas (ton)

Tecnologia				
Nome	Pirólise em fornos de plasma			
Descrição Geral	<p>A pirólise é um dos mais ecológicos e eficientes processos de tratamento dos resíduos. Consiste na ruptura da estrutura molecular original, na decomposição ou na alteração do lixo que ocorre por meio da exposição a altas temperaturas em um reator pirólítico com pouco ou nenhum oxigênio.</p> <p>Esse reator é composto de três etapas: secagem, pirólise e resfriamento. Na secagem é fornecido calor externo ao reator e as altas temperaturas alteram as propriedades moleculares do material. Na pirólise ocorrem reações químicas como fusão, volatilização e oxidação, também chamado de plasma, onde podem ser retirados alguns subprodutos. No resfriamento são recolhidas cinzas residuais e coletados outros subprodutos, como bioóleo.</p>			
Método de Projeção	Essa tecnologia deve estar associada ao aterramento, uma vez que reduz o volume de resíduos até 90%. Alternativa aos aterros sanitários e à incineração.			
Região	Brasil (principalmente pequenos municípios, onde aterros são inviáveis)			
Nível de utilização da tecnologia	Ano	Cenário de Referência	Nível Mínimo	Nível Máximo
	2020	0	0	0
	2025	0	0	0
	2030	0	1	2
	2040	0	3	6
	2050	0	5	10
Investimento (US\$/unidade)	Necessidade de pesquisa.			
Elementos de custo	Lixo bruto (t/dia) Custo Investimento, Operação e Manutenção (R\$/ton) Custo da energia (R\$/MW)			
Inter-relação com outros setores	Setor de Geração de Energia e Setor Industrial. O uso da pirólise na indústria é amplo: carvão vegetal, reprocessamento de pneus para obtenção de óleos e gases combustíveis, fabricação de fibra de carbono, biocombustíveis.			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação:</i> 1= Baixa, 2= Média baixa 3= Média alta 4= Alta		Grau de Dificuldade	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas	4	4	4
	Econômicas	4	4	4
	Financeira	4	4	4
	Político-institucionais	2	2	2

Externalidades (em relação à <i>baseline</i>)	Sob o ponto de vista energético, o processo de pirólise para o lixo é autossustentável, pois a decomposição química causada pelas altas temperaturas na ausência de oxigênio produz mais energia do que consome. Pode ser utilizado com o lixo doméstico selecionado e moído, lixo de processamento de plásticos e lixo industrial. Aumenta vida útil dos aterros. Possibilidade da extração de diversos subprodutos como sulfato amônia, alcatrão, álcoois e óleo combustível. Os equipamentos impedem a liberação de poluentes na atmosfera e reduzem as emissões de metano e gás carbônico. Energia limpa.
Referências bibliográficas	ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015. Fabricantes de equipamentos e operadores. Necessidade de pesquisa.

SETOR	Resíduos
Subsetor	Resíduos Sólidos
Unidade Principal	Toneladas (ton)

Tecnologia				
Nome	Tratamento mecânico por triagem automatizada			
Descrição Geral	Tratamento mecânico em esteiras com triagem dos resíduos por etapas onde cada etapa coleta diferentes tipos de resíduos, através de eletroímãs, ventiladores, sensores ópticos, etc, de modo automatizado, visando maximizar o potencial de reciclagem do lixo.			
Método de Projeção	Essa tecnologia deve estar associada à reciclagem.			
Região	Brasil (grandes e médias cidades)			
Nível de utilização da tecnologia	Ano	Cenário de Referência	Nível Mínimo	Nível Máximo
	2020	0	2	2
	2025	0	4	8
	2030	0	6	12
	2040	0	8	16
2050	0	10	20	
Investimento (US\$/unidade) Data do câmbio: 04/16	Necessidade de pesquisa.			
Elementos de custo	Lixo bruto (t/dia) Investimento (R\$/ton) Custo de operação e manutenção (R\$/ton) Custo da energia (R\$/kWh)			
Inter-relação com outros setores	Setor industrial (maior fornecedor e beneficiado)			

Dificuldade de penetração <i>Avaliação:</i> 1= Baixa, 2= Média baixa 3= Média alta 4= Alta		Grau de Dificuldade	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas	2	2	2
	Econômicas	3	3	3
	Financeira	3	3	3
	Político-institucionais	2	2	2
Externalidades (em relação à <i>baseline</i>)	Ambientais: aumento da reciclagem, redução do consumo de matéria prima bruta, aumento da vida útil dos aterros, melhoria no tratamento da fração orgânica dos resíduos. Sociais: Impacto no nos empregos dos catadores. Econômicos: Impacto positivo na produção industrial.			
Referências bibliográficas	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015. CEMPRE .Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Fabricantes de equipamentos e operadores em São Paulo: Log e Ecurbes.			

SETOR	Resíduos
Subsetor	Efluentes Líquidos
Unidade Principal	Metro cúbico (m³)

Tecnologia				
Nome	Tratamento de esgoto por reator anaeróbio			
Descrição Geral	Técnica de decomposição do lodo em células digestoras anaeróbias de estações de tratamento de esgoto com tratamento terciário, onde o biogás gerado é recolhido e queimado em flares ou reaproveitado, podendo ser utilizado como combustível veicular, na geração de eletricidade, ou ainda, ser canalizado para abastecer residências, principalmente em pequenas cidades.			
Método de Projeção	A perspectiva de ampliação dos serviços de saneamento básico no Brasil deve contemplar o tratamento terciário de esgotos por meio de reator anaeróbio.			
Região	Brasil.			
Nível de utilização da tecnologia	Ano	Cenário de Referência	Nível Mínimo	Nível Máximo
	2020	20%	30%	40%
	2025	30%	40%	50%
	2030	40%	50%	60%
	2040	50%	60%	70%

	2050	70%	80%	90%
Investimento (US\$/unidade)	Necessidade de pesquisa.			
Elementos de custo	Volume de efluente coletado e tratado per capita (m ³ /hab) Custo Investimento, Operação e Manutenção (R\$/ton) Custo da energia (R\$/MW)			
Inter-relação com outros setores	Setor de Geração de Energia ou Transportes, dependendo da aplicação do biogás.			
Dificuldade de penetração <i>Avaliação:</i> 1= Baixa, 2= Média baixa 3= Média alta 4= Alta		Grau de Dificuldade	Barreiras	Instrumentos para superar barreiras
	Técnicas	1	1	1
	Econômicas	3	3	3
	Financeira	3	3	3
	Político-institucionais	2	2	2
Externalidades (em relação à <i>baseline</i>)	Ambientais: Diminuição da carga orgânica nos corpos hídricos e consequente redução do oxigênio dissolvido. Redução das emissões de gases estufa. Econômicos: Geração de energia, combustível para pequenos municípios abastecerem suas frotas. Energia limpa.			
Referências bibliográficas	SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. CEDAE, PNAD, etc.			

6. Anexo Metodológico

1) Metodologia de estimativa de geração de emissões de Resíduos Sólidos Urbanos

- **Geração**

A geração de resíduos sólidos será realizada em função do crescimento populacional e da geração per capita. Essa por sua vez varia também conforme o PIB projetado.

$$W_T(t) = \text{Pop}_T(\text{hab}) \times \text{geração per capita}_T(\text{kg/hab}) / 10^3 \quad \text{(Equação 1)}$$

$$\text{Geração per capita}_T(x, \text{kg}) = f[\text{PIB per capita}_T(\text{R\$/hab}), w(x, \text{kg})] \quad \text{(Equação 2)}$$

onde:

$W_T(t)$ é o total de resíduo gerado em toneladas no ano T;

$\text{Pop}_T(\text{hab})$ é a população em habitantes no ano T;

Geração per capita_T (kg/hab) é a taxa de resíduo por habitante no ano T;

PIB per capita_T (R\$/hab) é o Produto Interno Bruto por habitante no ano T;

$w(x, \text{kg})$ é a função tendência de geração per capita de resíduo.

- **Aterramento**

Estimativa de geração de gases de efeito estufa por aterramento.

$$\text{DDOCm} = \text{DDOCm}(0) \times e^{-kt} \quad \text{(Equação 3)}$$

onde:

DDOC é o carbono orgânico degradável que se decompõe (em condições anaeróbias);

DDOCm é a massa de DDOC a qualquer tempo;

DDOCm(0) é a massa de DDOC no início da reação, quando $t = 0$ e, portanto, $e^{-kt} = 1$;

k é a constante de reação = $\ln(2) / t_{1/2} (y^{-1})$, sendo:

- $t_{1/2}$ = meia vida (y);
- y = years (em português, anos);
- t é o tempo em anos.

Da Equação 3 é possível perceber que ao final do ano 1 (indo do ponto 0 ao ponto 1 no eixo do tempo) a massa de DDOC deixada não decomposta nos aterros será:

$$\text{DDOCm}(1) = \text{DDOCm}(0) \times e^{-k} \quad \text{(Equação 4)}$$

e a massa de DDOC decomposta entre CH_4 e CO_2 será:

$$\text{DDOCm}_{\text{decomp}}(1) = \text{DDOCm}(0) \times (1 - e^{-k}) \quad \text{(Equação 5)}$$

onde:

$DDOCm_{decomp}(1)$ é a massa total de DDOC decomposta no ano 1;
 k é a razão da constante de reação.

Em uma reação de primeira ordem, o total do produto (aqui o DDOCm decomposto) é sempre proporcional à quantidade de reagente (aqui o DDOCm). Isto significa que independe de quando o DDOCm foi depositado e que quando o total de DDOCm acumulado no aterro mais o depósito do último ano são conhecidos, a produção de CH_4 poderá ser calculada como se cada ano fosse o ano um na série de tempo. Desta forma, todos os cálculos poderão ser feitos pelas Equações 4e 5.

A premissa básica parte do princípio que a geração de CH_4 de toda massa de resíduo depositado a cada ano começará em 1º de janeiro do ano seguinte. Isto é o mesmo que uma média de seis meses de defasagem até que a geração substancial de CH_4 comece (o tempo que leva para a condição anaeróbia se tornar bem estabelecida), portanto, se usou a Equação 6 para o cálculo da massa de DOC degradável (DDOCm) de uma quantidade de lixo (W):

$$DDOCm_d(T) = W(T) \times DOC \times DOCf \times MCF \quad \text{(Equação 6)}$$

onde:

T é o ano do inventário;

$DDOCm_d(T)$ é a massa de DDOC depositada no ano T;

W(T) é o total do lixo depositado no ano T;

DOC é o carbono orgânico degradável (sob condições anaeróbias);

DOCf é a fração de DOC que se decompõe sob condições anaeróbias;

MCF é o fator de correção de metano.

O DOC (Carbono Organicamente Degradável) refere-se ao teor de carbono de cada componente do lixo que degrada, como papéis e papelões, folhas, madeiras e matéria orgânica total. Devido à falta de um padrão nacional para o fator correspondente à participação percentual do peso úmido de cada componente do resíduo, foram utilizados os valores padronizados pelo IPCC (2006), conforme a Equação 7 a seguir:

$$DOC = (0,40 \times \% \text{ papel/papelão}) + (0,24 \times \% \text{ têxteis}) + (0,15 \times \% \text{ restos alimentares}) + (0,43 \times \% \text{ madeiras}) + (0,20 \times \% \text{ folhas}) + (0,24 \times \% \text{ fraldas}) + (0,39 \times \% \text{ borracha/couro}) \quad \text{(Equação 7)}$$

O DOCf (fração do DOC que realmente degrada) depende de muitos fatores, como temperatura, umidade, pH, composição gravimétrica, dentre outros. Devido ao processo de degradação anaeróbia ser incompleto, só se degrada uma parte do carbono potencialmente degradável. O valor sugerido pelo IPCC (2006) e adotado pelo MCTI (2010) é de 50%, ou seja, considera-se que metade do carbono não seja emitida ou parte do carbono organicamente degradável irá se degradar muito tardiamente.

O MCF (fator de correção do metano) varia em função das condições de anaerobiose de cada tipo de local de disposição. No caso de simples vazadouros, ou lixões, é adotado 0,4 para aqueles com células de até cinco metros e 0,8 para aqueles com células maiores que cinco metros, condição aproximada de aterro controlado. No caso de aterros sanitários, situação em que há uma disposição planejada de resíduos, este fator é 1,0, ou seja, considera-se que 100% dos resíduos estarão dispostos em condições de anaerobiose. Quando não há informações sobre as condições de aterramento, o IPCC (2006) recomenda que se adote para este fator 0,6.

O total de DDOC_m depositada, remanescente, não decomposta, ao final da disposição no ano T foi calculada pela Equação 8:

$$\text{DDOCm}_{\text{rem}}(\text{T}) = \text{DDOCm}_d(\text{T}) \times e^{-k(13-M)/12} \quad \text{(Equação 8)}$$

onde:

T é o ano do inventário;

DDOC_{m,rem}(T) é a massa de DDOC depositada no ano T do inventário, permanecendo não decomposta ao final do ano T;

DDOC_{m,d}(T) é a massa de DDOC depositada no ano T;

k é a razão da constante de reação;

M é o mês do início da reação (= tempo de atraso/defasagem + 7).

O total de DDOC depositado, decomposto durante a disposição no ano T foi calculado pela Equação 9:

$$\text{DDOCm}_{\text{dec}}(\text{T}) = \text{DDOCm}_d(\text{T}) \times (1 - e^{-k(13-M)/12}) \quad \text{(Equação 9)}$$

onde:

T é o ano do inventário;

DDOC_{m,dec}(T) é a massa de DDOC depositada no ano T do inventário, decomposta durante o ano;

DDOC_{m,d}(T) é a massa de DDOC depositada no ano T;

k é a razão da constante de reação;

M é o mês do início da reação (= tempo de atraso/defasagem + 7).

A quantidade de DDOC_m acumulada no aterro ao final do ano T foi calculada pela Equação 10:

$$\text{DDOCm}_a(\text{T}) = \text{DDOCm}_{\text{rem}}(\text{T}) + \text{DDOCm}_a(\text{T} - 1) \times e^{-k} \quad \text{(Equação 10)}$$

onde:

T é o ano do inventário;

DDOC_{m,a}(T) é a massa total de DDOC deixada e não decomposta ao final do ano T;

DDOC_{m,rem}(T) é a massa de DDOC depositada no ano T do inventário, permanecendo não decomposta ao final do ano T;

DDOC_{m,a}(T-1) é a massa total de DDOC deixada não decomposta ao final do ano T-1;

k é a razão da constante de reação.

O total de DDOC_m decomposta no ano T foi calculado pela Equação 11:

$$\text{DDOCm}_{\text{decomp}}(T) = \text{DDOCm}_{\text{dec}}(T) + \text{DDOCm}_a(T-1) \times e^{-k} \quad (\text{Equação 11})$$

onde:

T é o ano do inventário;

$\text{DDOCm}_{\text{decomp}}(T)$ é a massa total de DDOC decomposta no ano T;

$\text{DDOCm}_{\text{dec}}(T)$ é a massa de DDOC depositada no ano T do inventário, decomposta durante o ano;

$\text{DDOCm}_a(T-1)$ é a massa total de DDOC deixada não decomposta ao final do ano T-1;

k é a razão da constante de reação.

Ressalta-se que somente a geração de CH_4 é calculada a partir destas equações, tendo em vista que o CO_2 gerado, por ter origem biogênica, não é impactante no clima, conforme descrito no início desta seção. Dessa forma, o total de CH_4 gerado do DDOC decomposto será calculado pela Equação 12 seguinte:

$$\text{CH}_{4\text{gerado}}(T) = \text{DDOCm}_{\text{decomp}}(T) \times F \times 16/12 \quad (\text{Equação 12})$$

onde:

T é o ano do inventário;

$\text{CH}_{4\text{gerado}}(T)$ é o CH_4 gerado no ano T;

$\text{DDOCm}_{\text{decomp}}(T)$ é a massa total de DDOC decomposta no ano T;

F é a fração de CH_4 por volume no gás gerado no aterro;

16/12 é a razão de peso molecular do CH_4/C ;

A fração de carbono emitida como metano (F) adotada pelo MCTI (2010) é de 50%, significando que os outros 50% da composição do biogás gerado não é metano. Portanto, o total de CH_4 emitido foi dado pela Equação 13 a seguir:

$$\text{CH}_{4\text{emitido}}(T) = [\sum_x \text{CH}_{4\text{gerado}}(x,T) - R(T)] \times [1 - \text{OX}(T)] \quad (\text{Equação 13})$$

onde:

T é o ano do inventário;

$\text{CH}_{4\text{emitido}}(T)$ é o CH_4 emitido no ano T;

x é a fração de material/categoria de lixo;

$\text{CH}_{4\text{gerado}}(x,T)$ é o CH_4 gerado pela fração de lixo x no ano T;

R(T) é o CH_4 recuperado no ano T;

OX(T) é o fator de oxidação no ano T (fração).

O metano recuperado (R) refere-se à parcela recuperada do biogás para ser queimada em *flares* ou aproveitada para fins energéticos, o que reduz ainda mais as emissões líquidas. Ao ser queimado, o CH_4 se transforma em CO_2 , que por ser de origem renovável, como é o caso do lixo, não aumentará a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

O fator de oxidação (OX) relaciona-se à fração dos resíduos e dos gases que sofre queima espontânea nos locais de disposição, portanto não gerando metano. Este fator apesar de variar em função do tipo de destinação, foi mantido constante até 2050, por simplificação.

2) Esgotos

Os passos para calcular as emissões de metano dos esgotos foram os seguintes:

- Obter o incremento da população no período;
- Estimar a carga orgânica total do efluente (Equação 19);
- Obter o fator de emissão para cada sistema ou caminho de tratamento/descarte do efluente;
- Utilizar a equação 20 para estimar as emissões, ajustando se há remoção do lodo ou recuperação do metano e somando os resultados para cada sistema/caminho.

A quantidade total de material orgânico degradável contido no esgoto/efluente (COT) foi função da população e da DBO gerada por pessoa e expresso em kg de DBO/ano.

$$\text{COT} = P \times \text{DBO} \times 0,001 \quad (\text{Equação 14})$$

onde:

COT é a carga orgânica total do efluente no ano do inventário (kg DBO/ano);

P é a população no ano do inventário;

DBO é a demanda bioquímica de oxigênio per capita no ano do inventário (g/pessoa/ano);

0,001 é a conversão de g DBO para kg DBO;

I é o fator de correção para descarte adicional de DBO industrial na rede coletora.

A equação geral para estimar as emissões de CH₄ de efluentes líquidos foi a seguinte:

$$\text{Emissões de CH}_4 = (\text{FE}_j \times (\text{COT} - \text{S})) - \text{R} \quad (\text{Equação 14})$$

onde:

Emissões de CH₄ são as emissões de metano no ano do inventário (kgCH₄/ano);

FE_j é o fator de emissão (kgCH₄/kgDBO);

j é o sistema ou caminho do tratamento/disposição;

COT é a carga orgânica total no esgoto no ano do inventário (kgDBO/ano);

S é o componente orgânico removido como lodo no ano do inventário (kgDBO/ano) e foi considerado zero, por simplificação;

R é a quantidade de metano recuperada no ano do inventário (kgCH₄/ano);

O fator de emissão para um sistema ou caminho de tratamento e disposição de esgotos é função do potencial máximo de produção de metano (B₀) e do fator de correção do metano (FCM) para aquele sistema. O B₀ é a quantidade máxima de metano que pode ser produzido por uma dada quantidade de carga orgânica contida no efluente (kgCH₄/kgDBO) e o FCM indica a capacidade de produção de metano em cada tipo de sistema ou caminho de tratamento e disposição.

$$\text{FE} = B_0 \times \text{FCM} \quad (\text{Equação 15})$$

Não havendo valores específicos para o potencial máximo de produção de metano (B₀), foi adotado o valor padrão de 0,6 kgCH₄/kgDBO (IPCC, 2006). A partir dos valores fornecidos para o FCM da Tabela a seguir multiplicado por B₀, foram obtidos os fatores de emissão (FE) para os cálculos.

Tabela 6. Fatores de Correção do Metano (FCM) e respectivos Fatores de Emissão (FE) de esgotos e efluentes.

Tipo de tratamento e destino do efluente ou sistema alternativo	MCF
Sistema sem rede coletora	
Fossas sépticas e sumidouros	0,5
Fossa secas	0,1
Vala aberta	0,1
Lançamento em cursos d'água sem coleta	0,1
Sistema com rede coletora	
Lodo ativado/digestor anaeróbio	0,8
Fossa séptica	0,5
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 cursos d'água com coleta	0,1

Fonte: MCTI (2015)

Os dados utilizados para se estimar as emissões de N₂O de esgotos domésticos foram: o conteúdo de nitrogênio no efluente, a população e a geração per capita média anual de proteína (kg/pessoa/ano). Para estes fatores foram utilizados os valores padrões do IPCC (2006) para os países em desenvolvimento da América do Sul. Estimou-se o nitrogênio contido nos esgotos pela Equação 21.

$$N_{\text{efluente}} = (P \times \text{Proteína} \times F_{\text{NPR}}) - N_{\text{lodo}} \quad (\text{Equação 17})$$

onde:

N_{efluente} é o total anual de nitrogênio no efluente (kgN/ano);

P é a população;

Proteína é o consumo de proteína per capita anual;

F_{NPR} é a fração de nitrogênio na proteína (padrão = 0,16 kg N / kg proteína);

N_{lodo} é o nitrogênio removido com o lodo (padrão = 0 kg N / ano) e considerou-se 1.

A equação geral simplificada para calcular as emissões de N₂O foi a seguinte:

$$\text{Emissões de N}_2\text{O} = N_{\text{efluente}} \times FE_{\text{efluente}} \times 44/28 \quad (\text{Equação 18})$$

onde:

Emissões de N₂O são as emissões de óxido nitroso no ano do inventário (kgN₂O/ano);

N_{efluente} é o nitrogênio presente no esgoto descartado no ambiente aquático (kgN/ano) diretamente ou como efluente de ETE (não foram simuladas ETEs com capacidade de remoção de N);

FE_{efluente} é o fator de emissão (kg N₂O-N / kg N);

44/28 é o fator equivalente à conversão da massa molecular de N₂O-N por N₂O.

7. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010*. São Paulo, 2011.

_____. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011*. São Paulo, 2012.

_____. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012*. São Paulo, 2013.

_____. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013*. São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12209*: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário – procedimento. Rio de Janeiro, 1992, 12 p.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico, 2007.

_____. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010a.

_____. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, 2010b.

CEMPRE . Compromisso Empresarial para a Reciclagem *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010*. São Paulo, 2011.

COLLING, A. V.; OLIVEIRA, L. . Analysis of potential for reducing emissions of greenhouse gases in municipal solid waste in Brazil, in the State and City of Rio de Janeiro. *International Journal of Integrated Waste Management, Science & Technology*. Oxford, UK, v. 33, n. 5, p. 1302-1312, mar. 2013. ISSN 0956-053X.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE (2015). NOTA TÉCNICA DEA 18/14 Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008*. Rio de Janeiro, 2010. ISBN 978-85-240-4135-8. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

_____. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 out. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *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.; Tanabe K. (eds). Hayama, Japan: IGES, 2000. ISBN 4-88788-032-4.

LOUREIRO, Saulo Machado, Dubeux, C.B.S. e Zveibl, V. (2015) Cenários de Emissão de GEE do Setor de Tratamento de Resíduos. In LOUREIRO, S.M.; ZVEIBIL, V.; e DUBEUX, C.B.S. (2015). Cenários do Setor de Resíduos. In: LA ROVERE, E. L. et al. – Implicações Econômicas e Sociais de Cenários de Mitigação de Gases de Efeito Estufa no Brasil até 2030: Projeto IES-Brasil, Forum Brasileiro de Mudanças Climáticas – FBMC. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2016.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. *III Inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa não controlados pelo protocolo de Montreal*. Brasília, DF: MCTI, Relatórios técnicos de referência, versão para consulta pública, 2015.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, DF, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PLANARES*. Brasília, DF, 2012.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2012*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, abr. 2014a. 164 p.

_____. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2012*. Brasília, DF: Ministério das Cidades, maio 2014b. 143 p.