

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONEIA DE LIMA

GERAÇÃO DE BIOGÁS PELA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS E
INDUSTRIAIS EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DE SANTA CATARINA.

CURITIBA

2017

LEONEIA DE LIMA

GERAÇÃO DE BIOGÁS PELA DECOMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS E
INDUSTRIAIS EM MUNICÍPIOS DA REGIÃO OESTE DE SANTA CATARINA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como quesito parcial para a obtenção do título de Especialista em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Mercado de Carbono ao Programa de Educação Continuada em Ciências Ambientais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dra. Greyce C. B. Maas

CURITIBA

2017

Ao meu filho Diogo, que apesar da pouca idade foi um companheiro exemplar e grande incentivador deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Aos Coordenadores, Prof^a Ana Paula Dalla Corte, e Prof. Carlos Roberto Sanquetta, pela brilhante condução e organização do Curso de especialização em Projetos Sustentáveis Mudanças Climáticas e Mercado de Carbono, do setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

A equipe de tutoria, em especial a Amanda Falcoski, que não mediu esforços em manter a toda a equipe informada e amparada nos assuntos pertinentes ao curso.

O agradecimento especial a minha orientadora Greyce C. B. Maas, que esteve presente no processo de elaboração deste trabalho, me orientando com paciência irrefutável.

RESUMO

A disposição final de resíduos sólidos urbanos ou industriais em aterros, produz emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE'S). O aumento da população mundial e da industrialização, com conseqüente aumento de bens de consumo deixa clara a necessidade de um correto gerenciamento da disposição final de resíduos sólidos. O presente estudo visou levantar os resíduos destinados ao aterro sanitário da VT Engenharia, situado na área rural do município de Fraiburgo, que recebe resíduos sólidos urbanos e industriais da região. Este estudo abrange o período de 2012 a 2016, em que foram avaliados os resíduos gerados pelas indústrias da região, bem como pelos habitantes de quatorze municípios da região oeste de Santa Catarina. A região se destaca pela forte atuação da agroindústria, indústria papelreira, e componentes plásticos. O objetivo deste trabalho é estimar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), biogás, metano (CH_4) e Carbono Equivalente (CO_{eq}), produzidos pelos resíduos destinados nesse aterro, comparando a emissão da decomposição de resíduos industriais e de resíduos urbanos. Para isso foi utilizado o método proposto pelo *Intergovernmental Panel of Climate Change* (IPCC, 2000) na simulação da dinâmica. Com esta análise foi possível avaliar no período em questão, a vazão máxima de biogás a ser recuperada para geração de energia do resíduo sólido urbano em comparação ao resíduo industrial. As estimativas demonstraram que o volume de metano gerado apresenta potencial para recuperação energética, sendo que suprirá a demanda por energia do próprio aterro, com possibilidade de excedente, visto que o consumo atual de energia do aterro é 0,092 MWh/dia, e no ano de sua abertura, com o volume de 13.083,98 ton/resíduo/mês, considerando a gravimetria apresentada, o aproveitamento energético, caso fosse recuperado, teria um potencial disponível de 0,445 MWh/dia, tornando o aterro autossuficiente em geração de energia a partir do ano de abertura do mesmo.

Palavras-chave: aterro sanitário, gases de efeito estufa, resíduos sólidos domiciliar municipal, agroindústria.

Abstract

The final urban or industrial solid waste produce gases, which cause the greenhouse effect. (GEE'S). The increase of population around the world as well as the increase of industries provide an increase on the solid waste therefore a better management of this waste should be done. A landfill of solid waste might be compared as a biological reactor, in which the main source are the water along with the waste which produce gas and slurry. The present study aims to get information about the VT Engenharia landfill, which is located at the countryside of Fraiburgo, which receives solid waste from the area. This study was performed in 2012 to 2016. During this study were evaluated the wastes produced from the industries of this area, as well as the waste produced by the population of Santa Catarina's area. This area is know for the agroindustry, paper industry, and plastic industry. The study aims also to estimate the amount of gases (GEE), methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) both measured in tones. Comparing the decomposition of those wastes. To this propose the method used was the same proposed by the government Panel of Climate Change (IPCC, 1996) was used. With this analysis it was possible to evaluate in the period in question the maximum flow to be recovered for the generation of energy of the urban solid waste in comparison to the industrial waste. The estimates have shown that the volume of methane generated has potential for energy recovery, and will meet the demand for energy from the landfill itself, with possibility of surplus, since the current landfill energy consumption is 0.092 MWh / day, and in the year of with the volume of 13,083.98 t /residue/month, considering the presented gravimetry, the energy recovery, if recovered, would have a potential available of 0,445 MWh / day, making the landfill self-sufficient in energy generation from the year of its opening

Key words: landfill, greenhouse effect, solid waste, home waste, agroindustry.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS	8
2.1 ASPECTOS GERAIS	8
2.2 METODOLOGIA	11
2.3 MEMORIAL DE CÁLCULO EMISSÕES DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - IPCC	15
2.3.1 INFORMAÇÕES DO ATERRO SANITÁRIO ESTUDADO:	15
2.3.2 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CH₄ A SER PRODUZIDO	16
2.3.3 DETERMINAÇÃO DE POTENCIAL ENERGÉTICO:	18
2.3.4 TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO DO BIOGÁS:	19
3. ANÁLISE DOS RESULTADOS:	20
3.1 ESTIMATIVAS DE EMISSÃO DE CH₄:	20
3.2 ESTIMATIVA DE ENERGIA DISPONÍVEL	27
4 CONCLUSÃO	29
5 REFÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas causadas pela ação humana são um fenômeno comprovado pela ciência, ou seja, existem, são emergenciais e irreversíveis para a atual e as futuras gerações. É um fenômeno complexo, multidisciplinar e abrangente e, de uma forma ou de outra, em maior ou menor escala, suas consequências afetarão a todos, em todos os lugares (MMA, 2010).

A excessiva geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), combinado com a sua destinação em aterros sanitários, aterros controlados e lixões, contribuem com a emissão de gases de efeito estufa, notadamente o metano. A magnitude do impacto ambiental pelo descarte de resíduos pode ser depreendida a partir da estimativa da sua parcela coletada a nível mundial. O total mundial de resíduos sólidos produzidos da população urbana – é de 1,3 bilhões de toneladas por ano, ou 1,2 kg por dia para cada habitante das cidades. Cerca de metade são produzidos nos países da OCSE (Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, que inclui 34 países). As previsões são que o valor total vai crescer para 2,2 bilhões de toneladas em 2025, com a China que vai aumentar de três vezes a sua quantidade (THE WORLD BANK, 2012).

No Brasil, os números referentes à geração de RSU revelam um total anual de quase 78,3 milhões de toneladas no país em 2016, com um índice de cobertura de coleta de 91%, que evidencia que 7 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino impróprio. O caminho da disposição inadequada continuou sendo trilhado por 3.331 municípios brasileiros, que enviaram mais de 29,7 milhões de toneladas de resíduos, correspondentes a 41,6% do coletado em 2016, para lixões ou aterros controlados (ABRELPE, 2016).

Em Santa Catarina, a realidade já é diferente e animadora. Conforme pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES/SC no ano de 2012, 100% dos municípios destinam seus resíduos sólidos urbanos para aterros sanitários, não existindo mais a destinação de maneira inadequada para aterros controlados ou lixões. (Panorama dos Resíduos Sólidos em SC – Vol I, et al, 2017, p.122)

A disposição de resíduos sólidos está assumindo papel de destaque entre as demandas da sociedade brasileira e das comunidades locais, seja pelos aspectos ligados a veiculação de doenças e, portanto, à saúde pública, seja pela contaminação

de cursos d'água e lençóis freáticos, na abordagem ambiental; seja pelas questões sociais, ou ainda pelas pressões advindas das atividades turísticas, é fato que vários setores governamentais e da sociedade civil começam a se mobilizar para enfrentar o problema, por muito tempo relegado a segundo plano (IBAM, 2001).

Na 3ª Comunicação Nacional do Brasil a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima de 2015, consta a estimativa das emissões de gases de efeito estufa do setor de Tratamento de Resíduos. Estes levantamentos vêm demonstrando um aumento significativo na emissão de CH₄, sendo no ano de 1990 foi estimada a emissão de 824,4 Gg CH₄, e em 2010 um total de 1.333,00 Gg/CH₄ (MCTIC, 2015).

Verificou-se um aumento nas emissões de CH₄, possivelmente devido ao crescimento demográfico, mudanças de hábitos, melhoria na qualidade de vida e desenvolvimento industrial, que causaram aumento na quantidade gerada de resíduos. Contudo, as atividades de projetos de MDL contribuíram para reduzir parte desse aumento, devido à recuperação e à queima do CH₄. As emissões nacionais seriam maiores sem as reduções obtidas pelos projetos de MDL, que foram de 208,4 GgCH₄ em 2010 (MCTI, 2015).

O objetivo deste trabalho foi estimar a emissão de gases de efeito estufa (Biogás, Metano e Carbono Equivalente) gerados pela decomposição de resíduos domésticos e industriais dispostos em um aterro sanitário de Santa Catarina, que recebe resíduos urbanos e industriais de 14 municípios da região oeste.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ASPECTOS GERAIS

O Estado de Santa Catarina publicou em setembro/2014 o Plano Diretor para Gestão e Tratamento de Resíduos sólidos Urbanos, em atendimento as premissas determinadas na Lei 12.305/2010 – Lei Nacional de Resíduos sólidos.

Para diagnosticar a situação de resíduos e destinação no estado, o mesmo foi classificado em 26 regiões em função do tipo de crescimento previsto, dependendo do Plano de Metas diagnosticado e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, do Governo Federal, Ministério do Meio Ambiente.

As Figuras 1 e 2, demonstram a Regionalização do Estado de Santa Catarina.



Fig. 1 – Regionalização do Estado de Santa Catarina
(Fonte SDR)

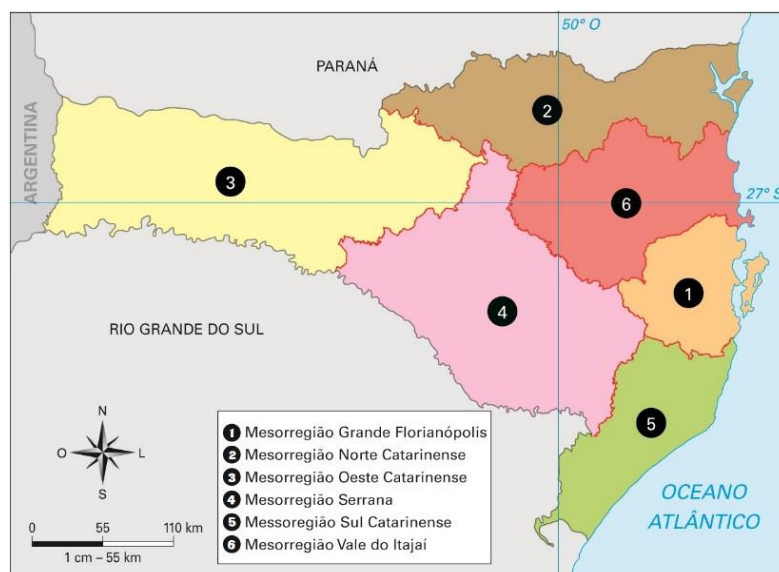


Fig.2 – Mesorregiões do Estado de Santa Catarina
(Fonte SDR)

O estudo em questão avalia 14 municípios da Mesorregião Oeste de Santa Catarina, os quais enviam para o Aterro da VT Engenharia, após licitação pública. Os demais municípios da mesma mesorregião, enviam a outros aterros credenciados, devido ao mesmo motivo – licitação pública.

A Figura 3, destaca a região objeto deste estudo.

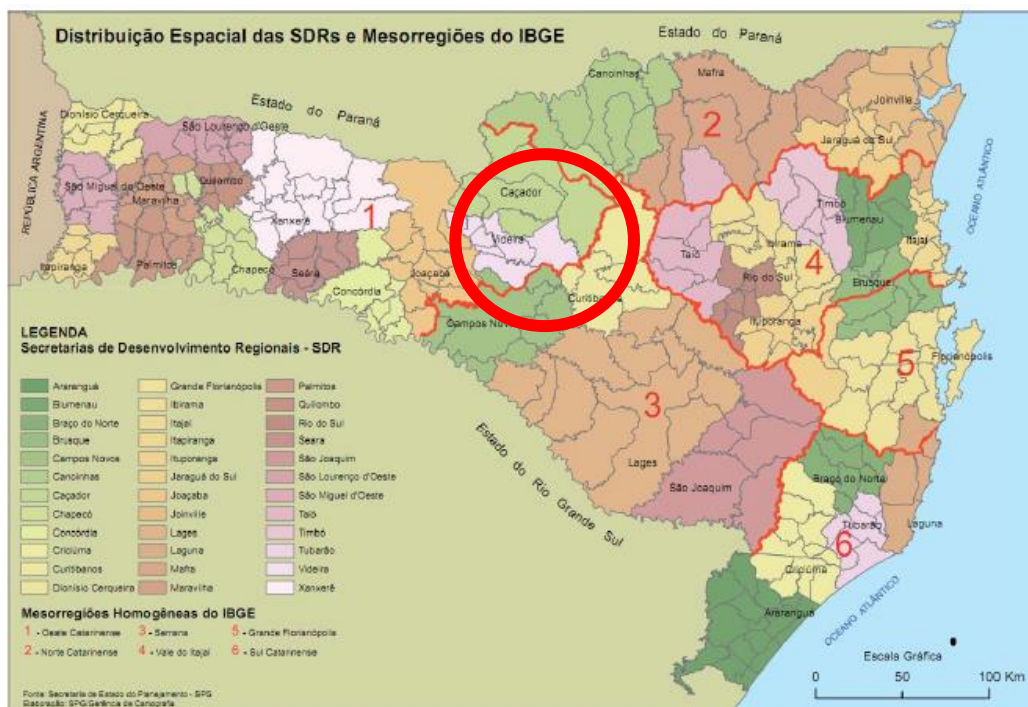


Fig.3 – Distribuição Espacial das SDR's e Mesorregiões
(Fonte SPG)

A mesorregião do Oeste Catarinense é uma das seis mesorregiões do estado brasileiro de Santa Catarina. É formada pela união de 98 municípios agrupados em cinco microrregiões, entre elas a Microrregião de Joaçaba.

A microrregião de Joaçaba, dividida em 27 municípios, possui uma estimativa populacional de 346.353 habitantes (IBGE, 2016), possuindo uma área total de 9.136,383 km².

Seu processo de colonização ocorreu entre as décadas de 1910 e 1960. A grande maioria dos colonizadores eram descendentes de italianos que migraram da serra gaúcha, especialmente das cidades de Caxias do Sul e Bento Gonçalves (RS) (BIGAZZI, 2006).

O estudo em questão tem como base de dados o Aterro Sanitário da VT Engenharia, localizado no município de Fraiburgo, o qual está licenciado para receber

resíduos urbanos e industriais Classe II. A área total e licenciada do aterro é 400.000,00 m², o mesmo encontra-se em atividade desde março de 2007 com vida útil projetada para 29 anos, considerando o recebimento de 50 toneladas de resíduo/dia (Projeto de Implantação e EIA/RIMA da unidade, 2006).

Os dados utilizados foram levantados por meio do histórico da quantidade de resíduos fornecido pelo Aterro, dados de crescimento populacional e índice de desenvolvimento dos municípios fornecidos pelo IBGE, panorama de geração de resíduos e estudo de gravimetria, levantados junto à Secretaria do Estado de Desenvolvimento Sustentável (SDS) de Santa Catarina.

2.2 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o inventário de emissões de resíduos foi a do IPCC (2000), as informações coletadas para o cálculo das emissões foram quantitativas e qualitativas sobre o aterro sanitário em questão. Para tal aplicação, foi necessário a obtenção de dados com o IBGE (2017), com a SDS –SC, FATMA e no próprio aterro objeto do estudo.

Para estimar o potencial das emissões dos resíduos estudados, foi utilizado o método de decaimento de 1^a ordem sugerido pelo IPCC no Manual de Referência do seu guia para inventários nacionais de gases de efeito estufa. Valores *default* desta e de outras publicações do IPCC foram utilizados para o desenvolvimento do cálculo (IPCC, 2000; IPCC, 2006). O método também é conhecido como Tier 2, e é caracterizado por considerar a emissão de CH₄ persistente ao longo de uma série de anos após a disposição do resíduo.

Para a aplicação foram necessários dados relativos ao clima (médias anuais de temperatura e chuva), a quantidade de resíduo aterrada, a composição do resíduo, a qualidade de operação do aterro e as quantidades de CH₄ recuperado e oxidado, que foram retirados da literatura nacional, bem como de órgãos competentes de estudo de clima tais como : Embrapa, Epagri, Secretaria Desenvolvimento Sustentável, quando disponível e quando não disponíveis os valores padrão foram fornecidos pelo IPCC.

Para estimar a geração de energia a partir do metano presente no biogás, foi utilizada a metodologia do ICLEI (2009), incluindo o cálculo da potência (MW) e a

energia (MWh/dia) disponíveis no aterro anualmente, sendo considerado o uso de motores de combustão interna do tipo “Ciclo Otto” como sistema de transformação energética.

Visto que o objetivo específico deste trabalho foi comparar emissões de resíduos industriais e urbanos, foram utilizados dados de recebimento de resíduos em separado. Os valores referentes aos resíduos recebidos nos anos de 2007 a 2011, não foram especificados por município, visto que este dado fracionado não estava disponível, somente volumes totais recebidos durante o ano. Nos anos de 2012 a 2016, as informações estavam mais completas, o que possibilitou estimar a geração de RSU até o ano de fechamento do aterro. O volume de RSU a partir de 2016 até a previsão de fechamento do aterro foi calculado, com base no crescimento populacional da região.

Com relação aos dados referentes a resíduos industriais, foram considerados os volumes totais recebidos e as tipologias industriais até o ano de 2016. Com intuito de completar o estudo, o volume de resíduo industrial a partir do ano de 2016, foi estimado, baseado nas médias recebidas nos anos anteriores, e percentagem desse resíduo no montante total recebido até o ano de 2016 (32,83% do total recebido, é resíduo industrial).

A Tabela 1, demonstra as características populacionais e de desenvolvimento dos municípios estudados.

Tabela 01 – Dados demográficos dos municípios que enviam Resíduos Sólidos Urbanos para o aterro da VT Engenharia entre 2012 a 2016

Município	População Censo 2010	População estimada 2017	Densidade demográfica (hab/Km ²)	IDH	Crescimento Populacional
Arroio Trinta	3.502	3.564	37,14	0,764	+ 1,7%
Abdon Batista	2.653	2.604	11,25	0,694	- 0,2%
Campos Novos	32.824	35.710	19,09	0,742	+ 8,7%
Calmon	3.387	3.380	5,31	0,622	- 0,1%
Ibiam	1.945	1.967	13,26	0,725	+ 0,1%
Iomerê	2.739	2.917	24,08	0,795	+ 6,5%
Rio das Antas	6.143	6.246	19,32	0,697	+ 1,6%
Tangará	8.674	8.738	22,34	0,737	+ 0,07%
Vargem Bonita	2.808	2.543	8,02	0,629	- 10,0%
Videira	47.188	52.056	124,09	0,764	+ 10,3%
Pinheiro Preto	3.147	3.480	47,79	0,777	+ 10,5%
Salto Velozo	4.301	4.655	40,94	0,784	+ 8,2 %
Macieira	1.826	1.799	7,03	0,662	- 0,2 %
Timbó Grande	7.167	7.767	11,98	0,659	+ 8,3%

Fonte IBGE <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc>

Na Tabela 2 constam as quantidades de resíduo sólido urbano recebidos de 2012 a 2016.

Tabela 02 – Quantidades em toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos enviados pelos municípios estudados ao aterro da VT Engenharia de 2012 a 2016

Município	TOTAL ANUAL TONELADAS				
	2012	2013	2014	2015	2016
Arroio Trinta	638,91	663,5	656,05	662,98	614,55
Abdom Batista	----	----	245,26	272,44	236,76
Campos Novos	4.374,25	4.967,10	5.978,71	6.366,37	6.170,14
Calmon	204,94	195,84	247,90	34,94	130,83
Ibiam	-----	-----	128,48	51,58	-
Iomerê	379,19	414,04	418,27	411,65	409,46
Rio das Antas	514,64	542,2	626,91	877,48	607,64
Tangará	1.233,49	1185,14	1.216,87	1.163,93	1.129,45
Vargem	203,33	211,03	213,43	228,46	230,45
Videira.	9.115,02	9.035,67	8.481,83	9.796,02	9.748,76
Pinheiro Preto	523,33	550,01	560,69	589,70	613,75
Salto Veloso	772,78	693,84	690,26	656,29	638,62
Macieira	95,77	116,36	124,30	226,25	248,99
Timbó Grande		429,68	501,56	470,26	621,41
TOTAL	18.055,65	19004,41	20.090,52	21.808,35	21.400,81

Fonte : Dados de controle e pesagem entrada resíduos do Aterro da VT Engenharia

A Tabela 3 demonstra a quantidade per capita de resíduo coletado. É possível observar que os valores ficam aquém da média nacional de geração por pessoa. Isso se deve, possivelmente, por tratar-se de área rural e municípios com população inferior a 50.000 habitantes. De acordo com os dados declarados no Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases do Efeito Estufa-Relatório Final, a quantidade de resíduo domiciliar per capita coletado em municípios menores de 100.000 habitantes, realmente é inferior ao coletado em municípios mais populosos. A estimativa média de geração de resíduos sólidos domiciliares no Brasil é de aproximadamente 0,6 kg/hab/dia e mais 0,3 kg/hab/dia de resíduos de varrição, capina e poda, limpeza de logradouros e entulhos. Algumas cidades, especialmente nas regiões Sul e Sudeste, alcançam índices de produção mais elevados, podendo chegar a 1,3kg/hab./dia, considerando todos os resíduos manipulados pelos serviços de limpeza urbana (Panorama dos Resíduos Sólidos em SC – Vol. I, et al, 2017, p.121).

Tabela 03 – Geração de Resíduos Urbanos per capita/dia (Kg/dia) dos municípios estudados enviados ao aterro

Municípios	2012	2013	2014	2015	2016	Média por município (Kg/dia)
Arroio Trinta	0,497	0,515	0,508	0,512	0,474	0,501
Abdom Batista			0,256	0,285	0,248	0,263
Campos Novos	0,356	0,400	0,476	0,500	0,479	0,442
Calmon	0,166	0,159	0,201	0,028	0,106	0,132
Ibiam			0,220	0,292		0,256
Iomerê	0,373	0,403	0,404	0,394	0,388	0,392
Rio das Antas	0,228	0,240	0,277	0,387	0,267	0,280
Tangará	0,389	0,373	0,383	0,366	0,355	0,373
Vargem	0,204	0,215	0,220	0,239	0,245	0,225
Videira	0,515	0,503	0,466	0,530	0,520	0,507
Pinheiro Preto	0,443	0,459	0,461	0,478	0,490	0,466
Salto Veloso	0,481	0,427	0,420	0,395	0,380	0,421
Macieira	0,144	0,176	0,188	0,343	0,378	0,246
Timbó Grande		0,159	0,183	0,170	0,222	0,183
Média anual	0,345	0,336	0,333	0,351	0,350	0,335

Fonte : Dados de controle e pesagem entrada resíduos do Aterro da VT Engenharia

A Tabela 4 demonstra as características gravimétricas dos resíduos sólidos Urbanos de Santa Catarina, e o índice de referência segundo o IPCC para o cálculo da fração COD (Carbono Orgânico Degradável).

Tabela 04 – Características gravimétricas dos Resíduos Sólidos Urbanos em Santa Catarina

	Resíduo	Composição (%)	Default IPCC COD
A	Matéria Orgânica	37,00	15
B	Texteis	4,1	24
C	Papel e Papelão	12,00	40
D	Plástico	15,00	0
E	Vidro	3,40	1
F	Metais	2,60	1
G	Borracha	1,10	39
H	Madeira	4,20	43
I	Outros Rejeitos	20,60	1

Fonte : Abrelpe (2010); IBGE(2010), COMCAP (2002), Aterro VT, IPCC(2006)

A Tabela 5 demonstra os volumes de resíduos industriais depositados no aterro nos anos de 2012 a 2016.

Tabela 05 – Quantidade em toneladas de Resíduos Industriais destinados para o Aterro da VT Engenharia de 2012 a 2016

Resíduo Industrial	
Ano	Quantidade Ton
2012	8.943,50
2013	12.347,19
2014	11.723,52
2015	8.571,62
2016	11.352,95

Fonte : Dados de controle e pesagem entrada resíduos do Aterro da VT Engenharia

A Tabela 6 demonstra a composição gravimétrica dos resíduos industriais depositados no aterro nos anos de 2012 a 2016, bem como índice de referência segundo o IPCC para o cálculo da fração COD (Carbono Orgânico Degradável).

As indústrias da região se dividem em: papelera, agroindústria e fabricação de artefatos plásticos, em sua grande maioria.

Tabela 06 – Característica Gravimétrica dos Resíduos Industriais recebidos no Aterro da VT engenharia.

Resíduo	Composição %	Default IPCC COD
A Polpa e Papel	51,36	40
B Madeiras e produtos de madeira	1,49	43
C Orgânico	21,36	15
D Plástico	21,23	0
E Construção e Demolição	0,6	4
F Textil	0,29	24
G Metal	3,57	0
H Borracha	0,1	39

Fonte : Dados de controle e pesagem entrada resíduos do Aterro da VT Engenharia e IPCC (2006)

2.3 MEMORIAL DE CÁLCULO EMISSÕES DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS - IPCC

2.3.1 INFORMAÇÕES DO ATERRO SANITÁRIO ESTUDADO:

- Ano de abertura do aterro: 2006
- Início Operação (recebimento resíduos) : Março/2007
- Ano de fechamento do aterro: 2029
- Capacidade aterro 620.441,15 toneladas (Seiscentas e vinte mil, quatrocentos e quarenta e uma toneladas e 150 quilos)
- População atendida pelo aterro: 138.000 habitantes
- Taxa de crescimento populacional: variável (vide Tabela 1)
- Taxa de geração de resíduo percapta diária estimada: 0,73 kg/hab/dia (Panorama resíduos sólidos em SC)
- Taxa de geração de resíduos percapta diária real da região estudada: 0,34 Kg/hab/dia (dados levantados através de dados coletados no aterro x levantamento IBGE – Tabela 3)
- Taxa de resíduos coletados que são depositados em aterro: 96,00%
- Temperatura de digestão anaeróbia: 50 °C
- Temperatura média da região : 15,3 °C (EPAGRI, 2017)
- Média Pluviométrica anual: 1746 mm (EPAGRI,2017)
- Taxa Evapotranspiração média região: 4.9 (EPAGRI, 2017)

2.3.2 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CH₄ A SER PRODUZIDO

Para o cálculo do potencial de geração de metano no aterro foi utilizada a metodologia sugerida pelo IPCC (2000), contidas no Módulo 5 – Lixo, do Guia de Boas Práticas e Gerenciamento de Incertezas para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, referentes as Diretrizes Revisadas do IPCC (1996) e utilizou como fonte de dados o Módulo 5 – Resíduos, no Volume 2: Geração de Resíduos, Composição e Gestão de Dados, e o Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos, do IPCC (2006), para indicação de valores padrões utilizados.

O IPCC (2000) indica dois métodos para estimar as emissões de CH₄ dos locais de disposição de resíduos sólidos, o método padrão (Tier 1) e o método de Decaimento de Primeira Ordem (Tier 2).

Assim, este trabalho utiliza o Tier 2, por refletir com mais precisão a tendência de emissões ao longo do tempo. A utilização desse método requer dados históricos sobre as quantidades, composição e gestão dos resíduos dispostos no local de estudo (IPCC, 2000).

Com a adoção desta metodologia para determinação do potencial de produção CH₄, foram utilizadas as formulas seguintes:

Eq (1)

$$CH_{4\text{gerado}} = \sum [L_{o(x)} * MSW_{T(x)} * MSW_{F(x)} * A * k * (e^{-k(t-x)})]$$

Sendo que:

CH₄ gerado: geração de gás metano (tCH₄/ano);

t: ano inicial de disposição ou de cálculo inicial;

x: ano de interesse para o qual deverá inserir os dados;

A: fator de correção da somatória;

MSWT: total de resíduos disposto no ano x (t);

MSWF: fração de material orgânico no resíduo no ano x (t);

k: constante de decaimento (ano⁻¹);

L_{o(x)}: potencial de biogás gerado;

Eq (2)

$$CH_{4\text{emitido}} = (CH_{4\text{gerado}} - R_{(t)}) * (1 - OX)$$

Sendo que:

CH₄ emitido: emissão de gás metano (tCH₄/ano);

R_(t): CH₄ Recuperado

OX: Fator de oxidação = 0,10

Para determinação do potencial de geração de metano do resíduo foi utilizado:

Eq (3)

$$L_o = MCF * COD * COD_f * F * 1,33$$

Onde:

L_o: potencial de geração de metano do resíduo (tCH₄/tRSU);

MCF: fator de correção do metano (%);

COD: fração de carbono degradável (tC/tRSU);

COD_f: fração de DOC dissolvida (tC/tRSU);

F: fração de metano no biogás;

1,33: conversão de carbono para metano (tCH₄/tC);

RSD: resíduo sólido domiciliar;

MCF = 1 (aterro bem gerenciado);

F = 50% default (IPCC, 2006, Vol.3, pg. 15).

Para o cálculo da fração de carbono degradável foi utilizado:

Eq (4)

$$\text{COD} = 0,40A + 0,24B + 0,15C + 0,43D + 0,20E + 0,39F$$

Sabendo-se que:

A: percentual de papelão e tecidos;

B: resíduos textéis

C: resíduos de alimentos;

D: resíduos de madeira;

E: resíduos de jardim, resíduos de parques ou outras matérias putrescíveis orgânicas não alimentares;

F: borracha e couro.

Default CODF:

$$\text{CODF} = 0,50 \text{ default (IPCC, 2006, Vol.3, pg. 13)}$$

Eq (5)

Fator de correção da somatória (A):

$$A = \frac{(1 - e^{-k})}{k} = 0,919619$$

2.3.3 DETERMINAÇÃO DE POTENCIAL ENERGÉTICO:

Para a determinação da potência e energia disponível, ICLEI (2009) apresenta como metodologia as expressões:

Eq (6)

$$P = \frac{Q^* \text{ PCI}^* \eta}{860.000}$$

Em que:

P = potência disponível (MW);

Q = vazão de metano a cada ano (m^3CH_4/h)

PCI = Poder Calorífico Inferior do metano. *Default 5.500 kcal/m³CH₄* (valor adotado para 50% de metano presente no biogás de aterro) (ICLEI, 2009);

η = eficiência de motores (28%) (ICLEI, 2009);

860.000 = conversão de kcal para MW (ICLEI, 2009);

Eq (7)

$E = P * Rend * Tempo \text{ de Operação}$

Sabendo que:

E = energia disponível (MWh/dia)

Rend = rendimento de motores operando a plena carga (estimado em 87%)

Tempo de operação do motor = 24 horas/dia

2.3.4 TECNOLOGIA PARA APROVEITAMENTO DO BIOGÁS:

O biogás pode ser utilizado em praticamente todas as aplicações desenvolvidas para o gás natural. Para algumas aplicações, entretanto, o biogás deve ser tratado, pois existem diferenças consideráveis entre os requerimentos para as aplicações estacionárias do biogás e como combustível ou para a distribuição em tubulações. As aplicações mais comuns para o biogás são o aquecimento e a geração de eletricidade. Além dessas aplicações, a utilização como combustível veicular e a injeção na rede de gás natural são aplicações que vêm atraindo interesse cada vez maior.

O biogás também é um combustível adequado para a geração de energia elétrica ou cogeração. Diversas tecnologias estão disponíveis, sendo as principais aplicações em geradores com combustão interna e as turbinas a gás (LANTZ, 2006).

As tecnologias que buscam a geração de energia elétrica são as mais utilizadas, sendo os motores de combustão interna, do tipo "Ciclo Otto", os equipamentos mais utilizados para conversão do biogás em energia (COELHO, 2005). Os motores de ciclo Otto, podem ser facilmente modificados para utilizar biogás, pois este tipo de motor é projetado para utilizar uma mistura de ar e de combustível com ignição por faísca. A principal modificação está no fornecimento de ar e no processo

de mistura do ar ao biogás, substituindo o carburador de um motor que utiliza combustível em estado líquido, assim, o motor é controlado através da quantidade de biogás que é abastecido.

Neste estudo de caso é considerada essa alternativa para aproveitamento energético do CH₄, com a geração de energia elétrica com motores de combustão interna, do tipo “Ciclo Otto”.

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS:

3.1 ESTIMATIVAS DE EMISSÃO DE CH₄:

A aplicação da metodologia para determinação do potencial de produção de CH₄ (Tier 2), iniciou com o tratamento dos dados da composição do RSU e Resíduo Industrial. Para que pudesse realizar o comparativo, foram efetuadas 3 planilhas de cálculo segundo o método do IPCC: emissão de resíduos domésticos, emissão de resíduos industriais e emissão total, considerando os dois resíduos.

Para tal situação, no caso dos resíduos domésticos o estudo foi mais completo, pois há possibilidade de cálculo de geração e destinação de resíduos para todos os próximos anos, até o fechamento do aterro, considerando a geração percapta e crescimento populacional da região.

Infelizmente esta estimativa não se aplica aos resíduos industriais, devido a ausência de dados para estimar a futura geração do mesmo. Desta forma, afim de sanar essa lacuna, estimou-se o volume de resíduo industrial considerando a percentagem de recebimento do mesmo até o ano de 2016. (32,83% do total recebido, é resíduo industrial).

A composição gravimétrica de cada tipologia de resíduo, foi considerada, conforme detalhado nas tabelas 4 e 6 deste estudo. Cada tipo de material que compõe os resíduos apresenta um conteúdo diferente de carbono orgânico degradável (COD), sendo esse o principal fator para determinação da quantidade de metano produzida durante sua decomposição.

Os COD's calculados a partir desta análise gravimétrica, considerando os valores Default do IPCC foram:

DOC Resíduo Sólido Urbano : 0,1456

DOC Resíduo Sólido Industrial : 0,2449

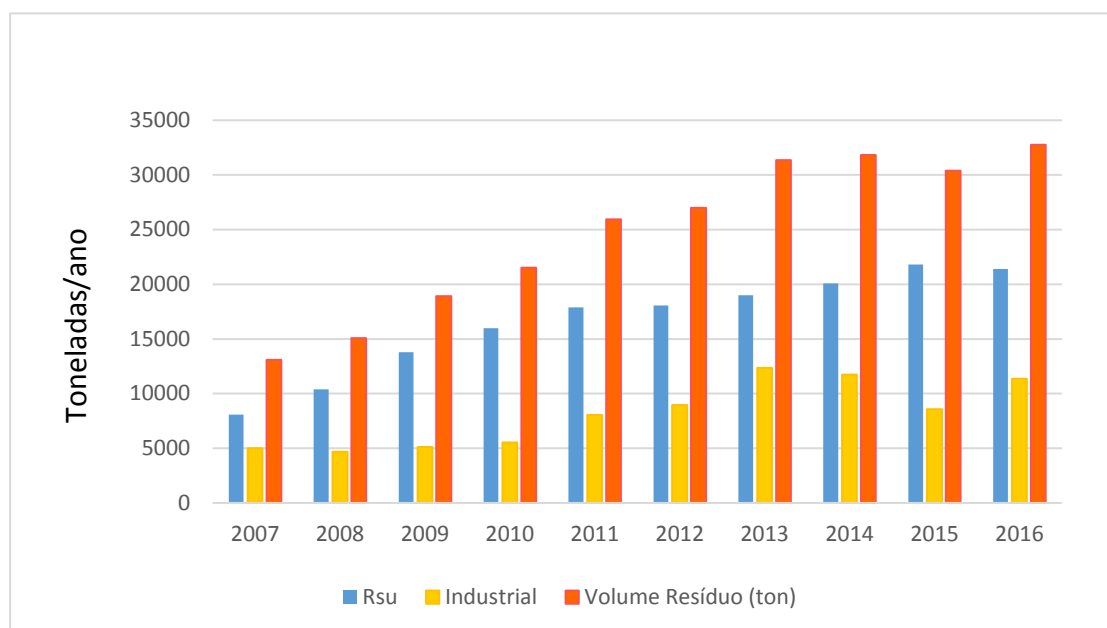
Com os resultados do carbono orgânico degradável presente no resíduo para cada ano, foram desenvolvidos os cálculos do potencial de geração de CH₄ do resíduo (L₀), a geração de CH₄ nos anos base, suas emissões com base em sua taxa de oxidação e o decaimento ano a ano, de suas emissões, considerando a densidade do CH₄ (0°C e 1,013 bar) como 0,0007168 t/m³ (FIGUEIREDO, 2007).

Na Tabela 7 abaixo, constam os volumes de resíduos recebidos, e a participação de RSU e Industrial, no montante.

Tabela 7 – Total de participação de Resíduos Sólidos Urbanos e Resíduos Industriais no montante de resíduos recebidos pelo Aterro da VT Engenharia no período de 2007 a 2016.

	RSU (t)	Resíduos Industrial (t)	Total Resíduos (t)	Distribuição %	
				Doméstico	Industrial
2007	8.071,64	5.012,34	13.083,98	61,60%	38,30%
2008	10.376,19	4.689,59	15.065,78	68,87%	31,12%
2009	13.788,19	5.128,55	18.916,74	72,88%	27,11%
2010	15.984,69	5.542,22	21.526,91	74,25%	25,74%
2011	17.881,74	8.051,98	25.933,72	68,95%	31,04%
2012	18.055,70	8.943,50	26.999,20	66,87%	33,12%
2013	19.004,40	12.347,19	31.351,59	60,61%	39,38%
2014	20.090,50	11.723,52	31.814,02	63,14%	36,85%
2015	21.808,40	8.571,62	30.380,02	71,78%	28,21%
2016	21.400,80	11.352,95	32.753,75	65,34%	34,66%
Média	16.646,23	8.136,35	24.782,58	67,17%	32,83%

(Fonte : Dados de controle e pesagem entrada resíduos do Aterro da VT Engenharia)

Gráfico 1 – Evolução da quantidade de resíduos recebida no aterro de 2007 a 2016

Fonte : Próprio autor, 2018

As tabelas 8 e 9 apresentam a emissão de metano e CO equivalente, em separado e na sequência de forma conjunta.

Tabela 08 – Emissão de metano pela decomposição dos Resíduos Sólidos Urbanos recebidos no aterro da VT engenharia entre 2007 e 2016

Resíduo Sólido Urbano - Aterro VT Engenharia						
	Total Resíduo (ton)	tCH ₄ /ano	m ³ CH ₄ /ano	m ³ biogás/ano	tCOEq/ano	m ³ /CH ₄ para Energia/ano
2007	8.071,64	55,10	76.895,90	153.791,80	1.378,00	46.137,50
2008	10.376,19	117,40	163.725,00	327.449,90	2.934,00	122.793,70
2009	13.788,19	193,20	269.484,60	538.969,20	4.829,20	202.113,40
2010	15.984,69	272,10	379.635,60	759.271,20	6.803,10	284.726,70
2011	17.881,74	351,70	490.638,70	981.277,50	8.792,20	367.979,10
2012	18.055,70	420,00	585.945,40	1.171.890,90	10.500,10	439.459,10
2013	19.004,40	484,10	675.390,30	1.350.780,60	12.103,00	506.542,70
2014	20.090,50	545,60	761.198,70	1.522.397,40	13.640,70	570.899,00
2015	21.808,40	609,20	849.958,10	1.699.916,20	15.231,10	637.468,60
2016	21.400,80	660,10	920.958,20	1.841.916,40	16.503,60	690.718,70

Fonte : O próprio Autor- 2018

Tabela 09 – Emissão de metano pela decomposição dos Resíduos Sólidos Industriais recebidos no aterro da VT engenharia entre 2007 e 2016.

Resíduo Sólido Industrial - Aterro VT Engenharia						
	Volume Resíduo (ton)	tCH ₄ /ano	m ³ CH ₄ /ano	m ³ biogás/ano	tCO ₂ Eq/ano	m ³ /CH ₄ para Energia/ano
2007	5.012,34	57,60	80.341,30	160.682,60	1.439,70	48.204,80
2008	4.689,59	102,50	142.949,10	285.898,20	2.561,60	107.211,80
2009	5.128,55	145,40	202.805,10	405.610,20	3.634,30	152.103,80
2010	5.542,22	186,30	259.934,10	519.868,20	4.658,00	194.950,60
2011	8.051,98	249,70	348.360,00	696.720,00	6.242,60	261.270,00
2012	8.943,50	313,40	437.251,70	874.503,40	7.835,60	327.938,80
2013	12.347,19	406,30	566.803,30	1.133.606,50	10.157,10	425.102,40
2014	11.723,52	477,50	666.104,70	1.332.209,40	11.936,60	499.578,50
2015	8.571,62	501,30	699.361,00	1.398.722,00	12.532,50	524.520,80
2016	11.352,95	553,40	771.999,30	1.543.998,50	13.834,20	578.999,40

Fonte : O próprio Autor

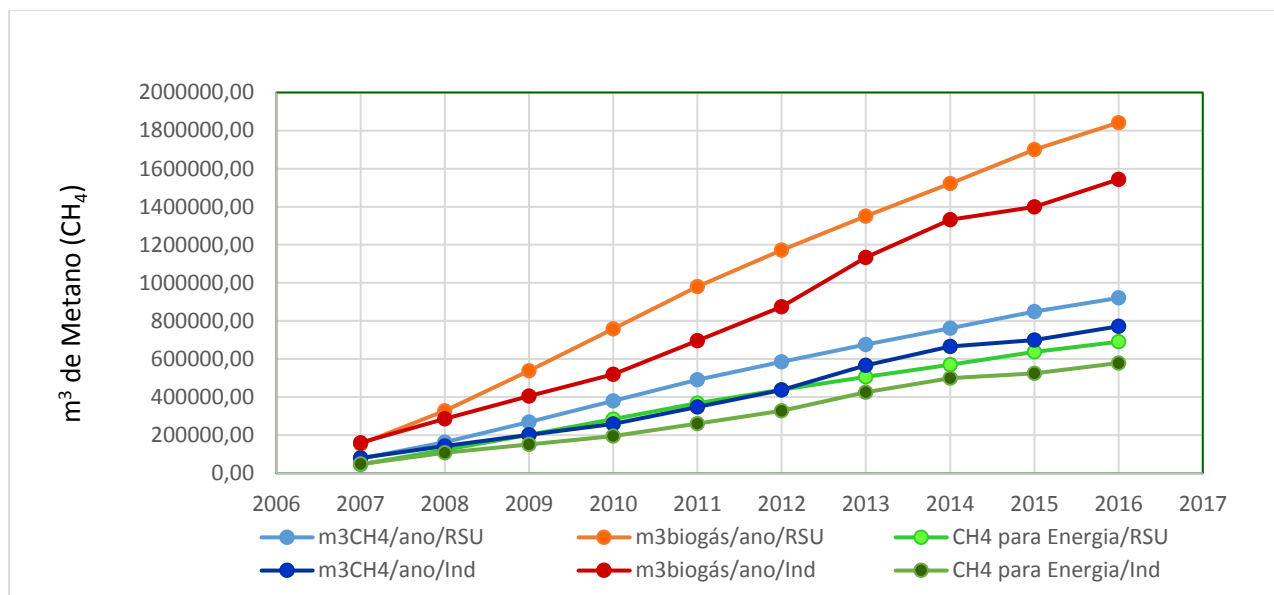
Observou-se, pelos resultados apresentados na Tabela 10, que a emissão total não é diretamente proporcional a soma das emissões dos resultados anteriores. Isto ocorre, pois, ao compilar os dados para fazer a emissão total, foi utilizado uma média da gravimetria dos resíduos respeitando a percentagem de recebimento de cada um (67,17% RSU e 32,83% Industrial) fato que interferiu no cálculo do COD da mistura

Tabela 10 – Emissão de Metano pela decomposição do Total de Resíduos Sólidos recebidos no aterro da VT Engenharia no período de 2007 a 2016.

Total de Resíduos recebidos - Aterro VT Engenharia						
	Volume Resíduo (ton)	tCH ₄ /ano	m ³ CH ₄ /ano	m ³ biogás/ano	tCOEq/ano	m ³ /CH ₄ para Energia/ano
2007	13.083,98	124,60	173.863,50	347.727,00	3.115,60	104.318,10
2008	15.065,78	248,60	346.880,70	693.761,40	6.216,10	260.160,50
2009	18.916,74	390,00	544.021,80	1.088.043,70	9.748,90	408.016,40
2010	21.526,91	534,00	745.027,50	1.490.055,10	13.350,90	558.770,60
2011	25.933,72	697,60	973.167,90	1.946.335,70	17.439,20	729.875,90
2012	26.999,20	845,70	1.179.800,20	2.359.600,40	21.142,00	884.850,20
2013	31.351,59	1012,10	1.411.964,40	2.823.928,80	25.302,40	1.058.973,30
2014	31.814,02	1156,90	1.613.978,00	3.227.956,10	28.922,50	1.210.483,50
2015	30.380,02	1265,40	1.765.354,50	3.530.709,00	31.635,20	1.324.015,90
2016	32.753,75	1379,60	1.924.608,20	3.849.216,40	34.489,00	1.443.456,20

Fonte : Próprio Autor, 2018

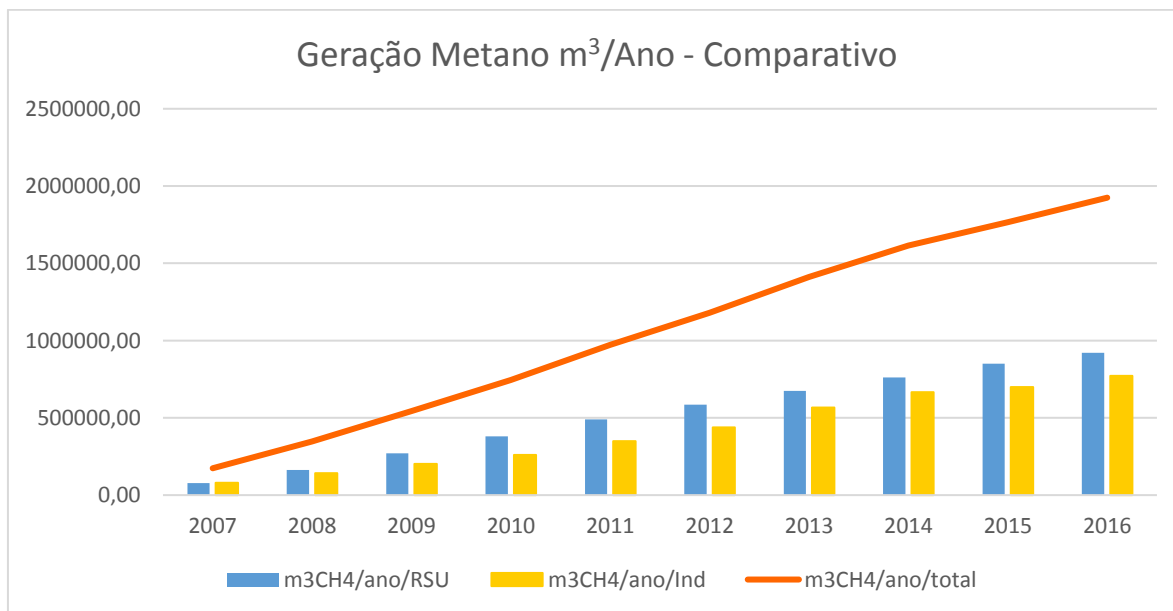
Gráfico 2 : Comparativo de Emissão por tipologia de resíduo



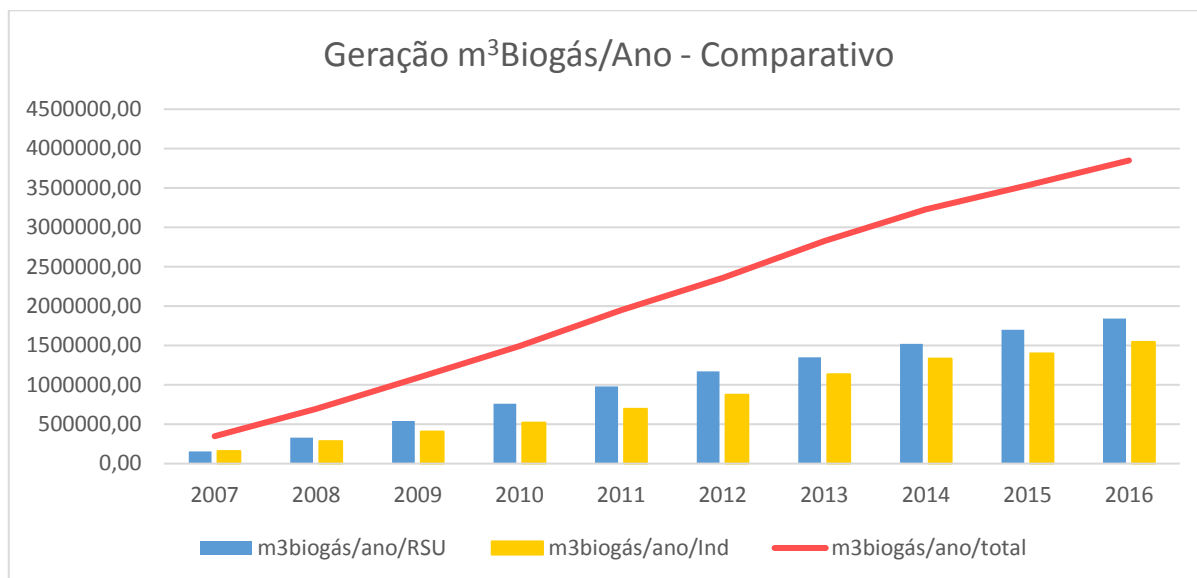
Fonte : Próprio Autor, 2018

Nos gráfico 3, 4 e 5 é possível constatar de forma separada, as tabelas 8, 9 e 10:

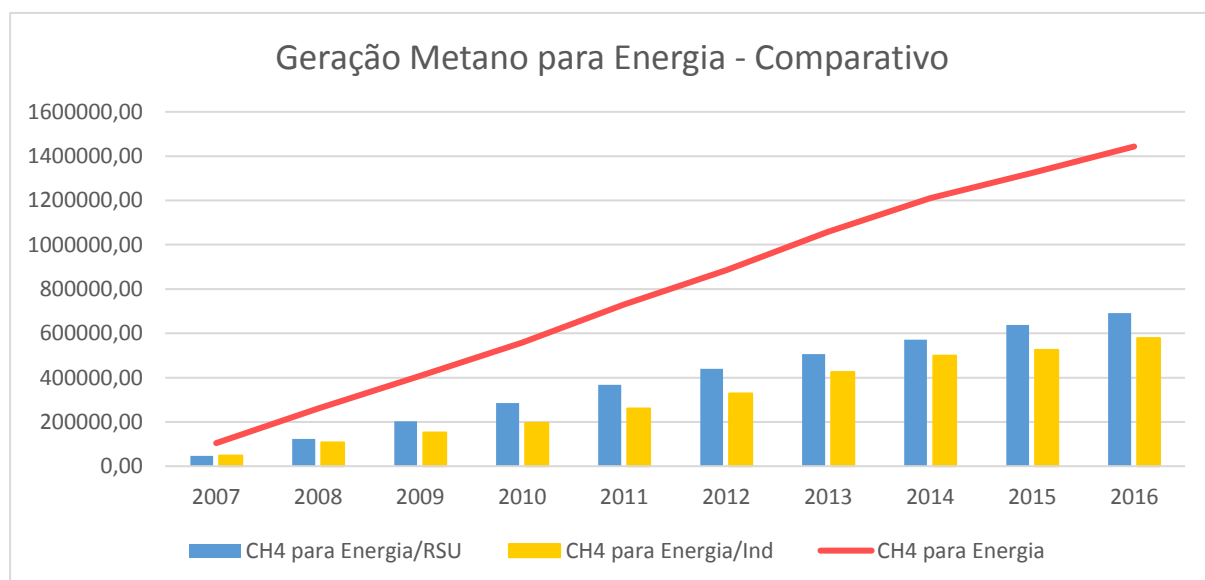
Gráfico 3 : Emissão Metano em m³/Ano - Comparativo



Fonte : Próprio Autor, 2018

Gráfico 4 : Geração de Biogás em m³/Ano – Comparativo

Fonte : Próprio Autor, 2018

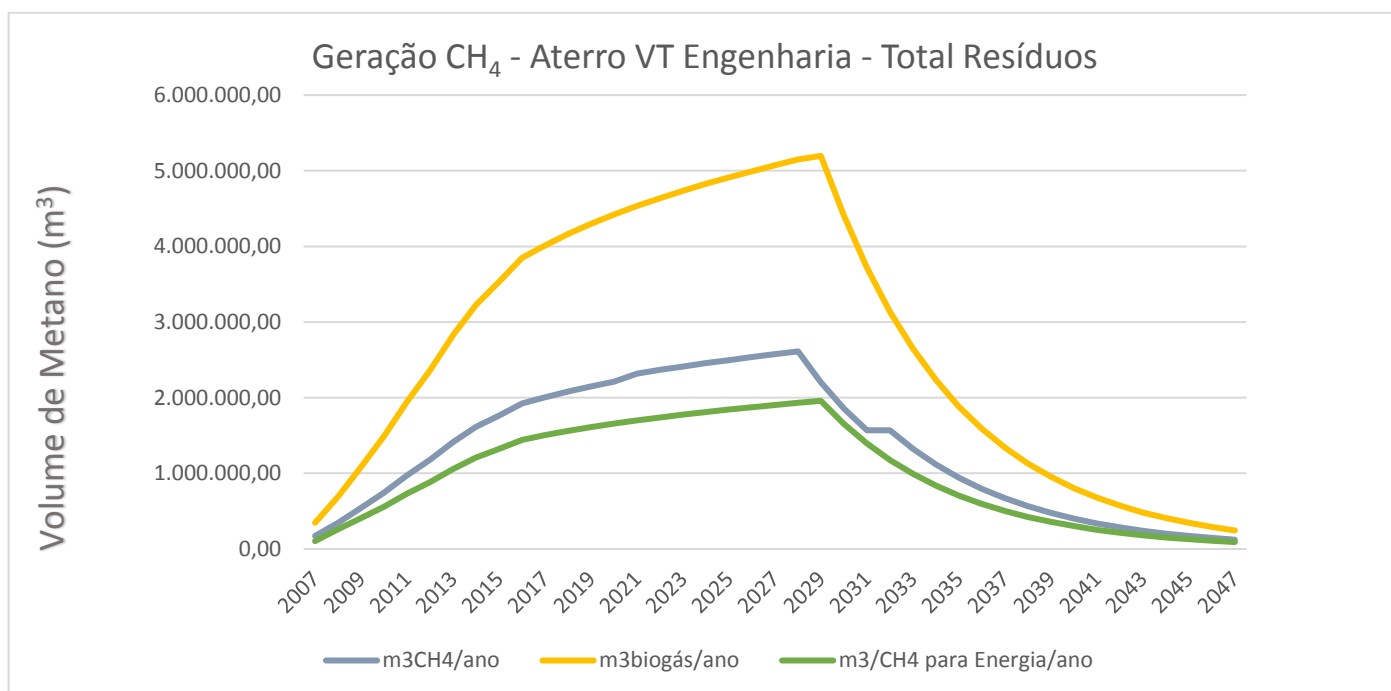
Gráfico 5 : Geração de Metano para Energia em m³/Ano - Comparativo

Fonte : Próprio Autor, 2018

Adotando-se a concentração de metano no biogás igual a 50% (IPCC, 2006), a quantidade de biogás será o dobro do valor, ou seja, será duas vezes a quantidade de metano obtida na Tabela 4, e considerando que 75% do CH₄ emitido será recuperado para geração de energia (FIGUEIREDO, 2007).

O Gráfico 6 demonstra a curva de emissão de CH₄, até o fechamento do aterro, contemplando o resíduo domiciliar e estimando o volume de industrial baseado na porcentagem de recebimento, conforme já explicado.

Gráfico 6 : Curva de Geração Metano pela decomposição dos Resíduos Urbanos do Aterro VT Engenharia considerando emissão entre 2007 a 2047.



(Fonte : Próprio Autor, 2018)

Ao longo do tempo de disposição do resíduo, a produção de CH₄ é crescente, assim como seu volume recuperado para produção de energia, atingindo seu maior valor no ano de encerramento das atividades de disposição de resíduos no aterro.

Pelos resultados obtidos, mesmo estimando os dados de resíduo industrial, considerando a continuidade de atendimento das cidades em questão com sua estimativa de crescimento demográfico, temos um volume total de geração na ordem de 54.517.023,70 m³/metano ao longo de 40 anos.

Caso o aterro da VT Engenharia, opte em implantar um sistema de geração de energia através do biogás a partir do ano de 2020, nas mesmas condições citadas acima terá disponível o volume de 28.202.124,60 m³/metano para geração de energia, perfazendo um total de 120.635 MW durante este período.

3.2 ESTIMATIVA DE ENERGIA DISPONÍVEL

Com os resultados obtidos, em função da vazão de CH₄, foi possível estimar a potência (MW), assim como a energia disponíveis (MWh/dia), no aterro ano a ano, considerando a eficiência de 75% na captação do metano para utilização na geração de energia (FIGUEIREDO, 2007).

As tabelas abaixo demonstram em separado o potencial energético dos resíduos urbanos e industriais, e na sequência o resultado total.

Tabela 11 – Potencial Energético Resíduos Urbanos recebidos

Potencial Energético Resíduos Sólidos Urbanos				
	m ³ /CH ₄ para Energia/ano	m ³ CH ₄ /hora	Potência (MW)	Energia Disponível (MWh/dia)
2007	46137,50	5,27	0,009	0,197
2008	122793,70	14,02	0,025	0,524
2009	202113,40	23,07	0,041	0,863
2010	284726,70	32,50	0,058	1,215
2011	367979,10	42,01	0,075	1,571
2012	439459,10	50,17	0,090	1,876
2013	506542,70	57,82	0,104	2,162
2014	570899,00	65,17	0,117	2,437
2015	637468,60	72,77	0,130	2,721
2016	690718,70	78,85	0,141	2,948

Fonte : O próprio Autor

Tabela 12 – Potencial Energético Resíduos Sólidos Industriais

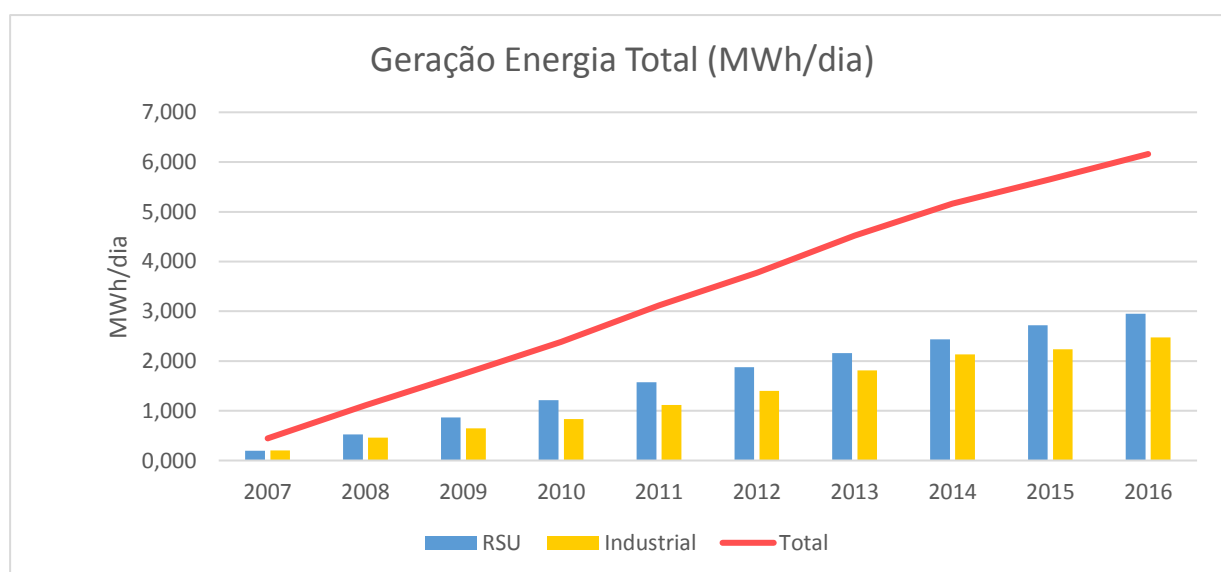
Potencial Energético Resíduos Sólidos Industriais				
	m ³ /CH ₄ para Energia/ano	m ³ CH ₄ /hora	Potência (MW)	Eficiência (MWh/dia)
2007	48.204,80	5,50	0,010	0,206
2008	107.211,80	12,24	0,022	0,458
2009	152.103,80	17,36	0,031	0,649
2010	194.950,60	22,25	0,040	0,832
2011	261.270,00	29,83	0,053	1,115
2012	327.938,80	37,44	0,067	1,400
2013	425.102,40	48,53	0,087	1,814
2014	499.578,50	57,03	0,102	2,132
2015	524.520,80	59,88	0,107	2,239
2016	578.999,40	66,10	0,118	2,471

Fonte : O próprio Autor

Tabela 13 – Potencial Energético Total dos Resíduos Sólidos

Potencial Energético Total dos Resíduos Sólidos recebidos				
	m ³ /CH ₄ para Energia/ano	m ³ CH ₄ /hora	Potência (MW)	Eficiência (MWh/dia)
2007	104.318,10	11,91	0,021	0,445
2008	260.160,50	29,70	0,053	1,110
2009	408.016,40	46,58	0,083	1,742
2010	558.770,60	63,79	0,114	2,385
2011	729.875,90	83,32	0,149	3,115
2012	884.850,20	101,01	0,181	3,777
2013	1.058.973,30	120,89	0,216	4,520
2014	1.210.483,50	138,18	0,247	5,167
2015	1.324.015,90	151,14	0,271	5,651
2016	1.443.456,20	164,78	0,295	6,161

Fonte : O próprio Autor

Gráfico 7 : Geração Energia Total – Aterro VT Engenharia

O Aterro da VT Engenharia, possui uma estação de tratamento de efluentes via sistema de lagoas de aeração. A carga horária de consumo de energia elétrica diária, considerando administrativo e tratamento de ETE, está em 20 horas de operação dia, visto que os equipamentos são desligados em horário de ponta.

Conforme dados fornecidos pela empresa, no ano de 2017, a média mensal de consumo foi de 2,78 MWh/mês, ou 0,092 MWh/dia, considerando 30 dias de operação.

Em uma análise comparativa quanto a vazão de metano e produção de energia, ICLEI (2009) apresenta o estudo de caso, do Aterro Delta A, situado em Campinas/SP, apresentou uma vazão de 1.205,65 m³CH₄/h, para o ano de 2015, indicando uma potencial disponível de 2,13 MW e energia disponível de 44,46 MWh/dia. Comparando o Aterro da VT Engenharia, objeto deste estudo, no ano de 2007, recebendo 13.083,98 ton/resíduo, na gravimetria e porcentagens apresentada, com uma vazão de metano recuperado para aproveitamento energético de 11,91 m³CH₄/h, tendo assim um potencial disponível de 0,015 MW e energia disponível de 0,319 MWh/dia, o mesmo seria autossuficiente em geração de energia a partir do ano de 2007, caso já estivesse com o sistema implantado.

4 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste estudo foi possível avaliar o potencial de geração de resíduos dos municípios estudados, bem como sua projeção de geração para os próximos 30 anos, ultrapassando sua estimativa de fechamento do aterro em 2029.

Os resíduos industriais, embora sejam recebidos em volumes muito menores que os urbanos possuem um potencial de geração de metano superior, pois é basicamente composto de carbono orgânico degradável.

Foi possível avaliar que no Aterro da VT Engenharia, o aproveitamento energético da vazão de metano, transformada por meio de motores de combustão interna – Ciclo Otto, apresenta potencial para geração de energia elétrica, sendo que, caso a empresa já tivesse optado por implantação de um sistema de reaproveitamento de biogás, seria autossuficiente em geração de energia a partir do ano de início de atividade do aterro - 2007.

Pelo presente estudo observou-se que se os resíduos industriais recebidos pelo aterro da VT Engenharia, por fatores gravimétricos, apresentam uma geração de metano superior, considerando relação massa x volume. Desta forma, caso a unidade opte em ampliar o recebimento de resíduos industrial em detrimento aos urbanos, seu potencial energético seria superior.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**, 2016, p.14, disponível em <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso : 5 nov, 2017.

BIGAZZI, Anna Rosa Campagnano. **Italianos: história e memória de uma comunidade**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2006.

COELHO, Suani Teixeira; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González; MARTINS, Osvaldo Stella; ABREU, Fernando Castro de. **A conversão da fonte renovável biogás em energia. Políticas públicas para a Energia**. In: **V Congresso Brasileiro de Planejamento Estratégico**, 2006, Brasília. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/projetos/8_energ-biog.pdf>. Acesso em 12.jan, 2018

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). Disponível http://circam.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=104&Itemid/. Acesso : 17 jan, 2018

FIGUEIREDO, N. J. V. **Utilização de Biogás de Aterro Sanitário para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás – Estudo de Caso**. 2011. Trabalho de Graduação Interdisciplinar apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.

GOUVEIA, N. **Resíduos Sólidos Urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. São Paulo, 2012. p.8

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE).Serviços. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama>. Acesso : 5 nov, 2017,

IPCC - INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Guia para inventários nacionais de gases de efeito estufa**. Módulo 6: Lixo. Volume 2: Livro de trabalho, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-ggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.html>>. Acesso : 20 nov, 2017.

IPCC - Painel Intergovernamental Sobre Mudança do Clima. **Módulo 5 – Resíduos. Volume 2: Geração de Resíduos, Composição e Gestão de Dados e Volume 3: Disposição de Resíduos Sólidos**, 2006. Disponível : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso : 20 nov, 2017

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 3**, 1994. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso 22 nov, 2017

LANTZ, M., SVESSON, M., BJÖRNSSON L., BJÖRNSSON, P., “**The prospects for an expansion of biogas systems in Sweden-Incentives, barriers and potentials**”, Energy Policy, v. 35, pp. 1830–1843, 2006

MINISTÉRIO MEIO AMBIENTE (MMA). Arquivos. **Documento descritivo contendo proposta de campanha sobre educação ambiental e mudanças climáticas, incluindo estratégia de execução**, 2010, p.9, disponível em http://www.mma.gov.br/estruturas/educamb/arquivos/produto_ii_relatorio_finalcampanha_irineu_tamaio_20.pdf. Acesso : 13 nov, 2017.

MONTEIRO, J.H.P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil, Rio de Janeiro: IBAM 2001, p.9.

MCTIC – Ministério da Ciência e Tecnologia : **3ª Comunicação Nacional do Brasil a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudança de Clima**, 2016. Disponível
http://sirene.mcti.gov.br/documents/1686653/1706163/RR_Tratamento+de+Res%C3%ADuos_III+Invent%C3%A1rio_FINAL.pdf. Acesso: 12.jan, 2018

PARASKAKI, I.; LAZARIDIS, M. **Quantification of landfill emission to air: a case study of the Ano Liosia site in the greater Athens area**. Waste Management & Research, nº 23. p 199-208, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL (SDS). **Panorama dos Resíduos Sólidos em Santa Catarina**, Vol 1, 2017, p.122)

SILVA, W. **Biogás: Potencialidade dos Aterros Sanitários do Estado do Paraná**, Curitiba, 59, 2010

THE WORD BANK. **What a Waste – A Global Review of Solid Waste Management**, 2012. Disponível :

<http://siteresources.worldbank.org/inturbandevlopment/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf>. Acesso 11 dez, 2017