

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS MEDIANEIRA  
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIAS DA CADEIA PRODUTIVA DO BIOGÁS**

**EDSON LUIZ EIDAM**

**EFEITOS DE SELEÇÃO PRELIMINAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS  
SANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM PONTA GROSSA,  
PARANÁ BRASIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**MEDIANEIRA**

**2019**

**EDSON LUIZ EIDAM**

**EFEITOS DE SELEÇÃO PRELIMINAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS  
SANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM PONTA GROSSA,  
PARANÁ BRASIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Felipe Souza Marques

**MEDIANEIRA**

**2019**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

EFEITOS DE SELEÇÃO PRELIMINAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA  
PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS SANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM PONTA  
GROSSA, PARANÁ BRASIL

por

EDSON LUIZ EIDAM

Esta Monografia foi apresentada em 03 de maio de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Felipe Souza Marques  
Prof.(a) Orientador(a)

---

Mônica Sarolli Silva de Mendonça Costa  
Membro titular

---

Felipe Martins Damaceno  
Membro titular

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e a força para desempenhar diariamente todas as atividades.

Agradeço à minha família que me incentivou e soube compreender os diversos momentos de ausência.

Agradeço a UTFPR Campus Medianeira e ao CIBIOGAS que unidos proporcionaram a realização deste importante Curso de Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás.

Agradeço a todos valorosos professores que puderam transmitir os conhecimentos desta que está se consolidando como uma das principais fontes de energias renováveis.

Agradeço ao meu orientador Prof. Felipe Souza Marques, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória.

Agradeço ainda: a todos os que contribuíram para a realização desta pesquisa e, a todos meus colegas pela colaboração e incentivos.

## RESUMO

EIDAM, Edson Luiz. **EFEITOS DE SELEÇÃO PRELIMINAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS EM ATERROS SANITÁRIOS: ESTUDO DE CASO EM PONTA GROSSA, PARANÁ BRASIL.** 2019. Número total de folhas 21. Artigo (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.)

No final da década de 1990 e início dos anos 2000 Ponta Grossa, cidade da região central do Estado, transformou seu antigo “lixão” num Aterro Sanitário possibilitando melhor controle ambiental. Sabe-se que uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são de origem orgânica cuja decomposição emite à atmosfera o biogás, que por sua vez carrega gases de efeito estufa (GEE), dentre eles está o metano (CH<sub>4</sub>) que é pelo menos vinte vezes mais perigoso que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) mas que possui alto poder calorífico – sendo possível usá-lo como combustível natural para gerar energia térmica, elétrica ou mecânica. Num aterro sanitário considera-se a disposição em células ou valas de todos os resíduos coletados no município, salvo resíduos de construção civil e de saúde. Desta forma maior parte do volume útil do aterro é ocupado com resíduos cuja degradação é lenta. Ao considerar separação preliminar de resíduos entre 20% e 40% de eficiência, identificou-se que o procedimento ampliaria a vida útil do aterro em até 9 anos, sem impacto significativo no montante de metano produzido. Os serviços ambientais municipais demandam ampliação de receitas para garantia de sua sustentabilidade. No caso de Ponta Grossa, foi possível identificar que a adoção de sistema de seleção preliminar teria impacto positivo na vida útil do Aterro Sanitário.

**Palavras-chave:** Aterro. Biogás. Energia. Metano.

## ABSTRACT

EIDAM, Edson Luiz. **EFFECTS OF PRELIMINARY SELECTION OF URBAN SOLID WASTE ON BIOGAS PRODUCTION IN SANITARY FILLERS: CASE STUDY IN PONTA GROSSA, PARANÁ BRAZIL.** 2019. Número total de folhas 21. Artigo (Especialização em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019.)

In the late 1990s and early 2000s, Ponta Grossa, a city in the central region of the state, transformed its former "dump" into a Controlled Landfill, allowing for better environmental control. It is known that a significant part of urban solid waste (MSW) is of organic origin whose decomposition emits biogas, which in turn carries greenhouse gases (GHG), among them is methane (CH<sub>4</sub>), which is less than twenty times more dangerous than carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) but has a high calorific value - being able to use it as a natural fuel to generate thermal, electrical or mechanical energy. In a landfill it is considered the disposal in cells or ditches of all the residues collected in the municipality, except construction and health residues. Content most of the useful volume of the landfill is occupied with the waste of degradation is slow. When considering preliminary waste separation between 20 and 40% for better efficiency, it was identified that the procedure would extend the life of the landfill within 9 years, without significant impact on the amount of methane produced. Municipal environmental services require increased revenues to ensure their sustainability. In the case of Ponta Grossa, it was possible to identify that the adoption of a preliminary selection system would have a positive impact on the useful life of the Landfill.

**Keywords:** Landfill. Biogas. Energy. Methane.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Geração biogás e metano.....	16
Figura 2 - Geração biogás e metano seleção preliminar 20%.....	18
Figura 3 - Produção biogás e metano seleção preliminar 40%.....	20
Figura 4 - Carga orgânica por cenário.....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Potencial de Energia no Estado do Paraná com RSU.....	12
Tabela 2 - Composição Gravimétrica do RSU.....	14
Tabela 3 - Aterro de Ponta Grossa.....	14
Tabela 4 - Projeção da População/Resíduos.....	15
Tabela 5 - RSU Sem tratamento.....	15
Tabela 6 - População/RSU acumulado.....	16
Tabela 7 - RSU 20%.....	17
Tabela 8 - Disposição RSU 20%.....	17
Tabela 9 - RSU 40%.....	19
Tabela 10 - Disposição RSU 40%.....	19
Tabela 11 - Biogás coletado em relação aos tratamentos propostos.....	21



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
2.1 DESCRIÇÃO.....	11
2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	13
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ATERRO.....	14
2.4 <i>POPULAÇÃO X RESÍDUOS</i> .....	14
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
3.1 CENÁRIO 1 – SEM SELEÇÃO PRELIMINAR.....	15
3.2 CENÁRIO 2 – COM SELEÇÃO PRELIMINAR 20%.....	17
3.3 <i>CENÁRIO 3 – COM SELEÇÃO PRELIMINAR 40%</i> .....	18
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei Federal 12.305 em agosto de 2010, tem como uma de suas premissas acabar com os lixões. Requer ainda que se faça a recuperação energética dos resíduos e para isso incentiva a busca por tecnologias para tratamento dos resíduos que possibilite a recuperação de componentes e de energias contidos nos resíduos, bem como a redução de volume dos resíduos dispostos diretamente no solo.

No Brasil, é divulgado que ainda está muito alto o percentual de municípios que destinam seus resíduos a instalações consideradas ambientalmente inadequadas – os chamados lixões, por isso, a destinação dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem sido um grande desafio para o Brasil. “A disposição final adequada de RSU registrou um índice de 59,1% do montante anual encaminhado para aterros sanitários. As unidades inadequadas como lixões e aterros controlados ainda estão presentes em todas as regiões do país e receberam mais de 80 mil toneladas de resíduos por dia, com um índice superior a 40%, com elevado potencial de poluição ambiental e impactos negativos à saúde” (ABRELPE, 2017).

A grande quantidade de resíduos produzidos nas cidades se torna um grande problema ambiental – principalmente pela falta de locais adequados para sua disposição, pois os locais existentes estão com capacidade esgotada ou muito próximo do colapso. Outro dado preocupante: parte significativa dos resíduos são compostos por matéria orgânica de origem animal ou vegetal que pela decomposição geram biogás, composto por gases de efeito estufa. “A maioria dos resíduos sólidos urbanos (RSU) caracteriza-se como lixo urbano misturado, composto de diferentes materiais passíveis de reaproveitamento, entre eles, a matéria orgânica, que representa metade de todo o RSU coletado em média, 51,4%” (BRASIL, 2017).

De modo geral se interpreta que os resíduos “o lixo” são imprestáveis, sem utilidade. Porém, não é verdadeiro, “a PNRS introduziu uma distinção primordial naquilo que se constitui como resíduo, sendo todo material passível de recuperação ou reaproveitamento, precisa eliminar o caráter de descartabilidade imediata, pois os resíduos adquirem, agora, viés de matéria-prima passível de exploração, existindo processos viáveis do ponto de vista tecnológico e econômico para seu processamento” (M. CIDADES, 2015). Ao serem dispostos em aterros sanitários,

dos RSU é possível captar os gases, principalmente o metano (CH<sub>4</sub>) para uso energético, bem como criar possibilidades de aproveitamento dos diversos materiais para reciclagem.

Existem diversas utilizações do biogás de Aterro, os quais diminuem os custos do aterro, que são: Geração de energia elétrica para autoconsumo, Geração de energia térmica para secagem do chorume, Produção de combustível veicular para abastecimento da frota, Iluminação a gás substituindo a iluminação elétrica (ICLEI BRASIL, 2009). “É preciso fomentar a disseminação de soluções tecnológicas que possibilitem a recuperação da matéria e energia dos resíduos” (BRASIL, 2016).

Nesse contexto, buscou-se identificar os efeitos de seleção preliminar, no potencial de produção do biogás e tempo de vida útil do aterro em Ponta Grossa. Ponta Grossa é uma cidade importante da região central do estado do Paraná, que até o final dos anos 1990 possuía um “lixão” para disposição dos RSU. Diversos investimentos foram realizados no local que permitiram admiti-lo como um Aterro Sanitário cuja capacidade se estenderia até 2018. Para levantamento dos potenciais, se considerou três cenários: 1) disposição sem tratamento conforme coletado nas residências – orgânicos e outros materiais misturados; 2) disposição com seleção preliminar, aumentando o teor de orgânicos em 20% e, 3) no terceiro cenário com seleção de 40% – aumentando a capacidade dos orgânicos, buscando alcançar maiores níveis de produção do biogás. Os resultados apontaram para a possibilidade de aumento da capacidade do local, chegando até nove anos de sobre vida para o aterro.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 DESCRIÇÃO**

O estudo foi desenvolvido em diferentes etapas. Primeiro buscou-se um levantamento bibliográfico sobre o tema, foi quando se identificou que no Estado do Paraná existe grande potencial para utilização do biogás como fonte de energia elétrica, conforme se verifica na Tabela 1, “além da pecuária, da indústria e da agroindústria – os resíduos sólidos urbanos (RSU) podem gerar 687,7 GW/ano, com destaque para o potencial de aterros que é de 365,0 GW/ano” (FIEP, 2016).

Tabela 1 – Potencial de Energia no Estado do Paraná com RSU

Setor	Produto	Potencial de Produção de Biogás (m <sup>3</sup> /ano)	Potencial Energético (GWh/ano)
Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	Resíduo Sólido Urbano (RSU)	255.253.822	365,0
	Efluente Líquido (Esgoto)	19.779.046	28,3
	Resíduos de Varrição e Poda	200.139.537	286,2
	Resíduos CEASAs	5.725.293	8,2
Totais		480.897.699	687,7

Fonte: FIEP 2016, adaptado.

A fase seguinte constituiu na coleta de dados junto à Prefeitura de Ponta Grossa, onde buscou-se os dados por meio da pesquisa documental em projetos e planos técnicos vinculados à produção, gerenciamento e destinação final de resíduos. Com os dados já consolidados, foi importante identificar as características dos RSU, depois sua composição gravimétrica para então estimar a produção de biogás com e sem a seleção preliminar de resíduos domiciliares.

A estimativa da população em 2018 é de 348.043 habitantes (IBGE, 2018). A divulgação atual é que diariamente, em Ponta Grossa são coletadas cerca de 290 toneladas de resíduos, totalizando aproximadamente sete mil toneladas mensais (PGA, 2018). Isto corresponde a 0,833 Kg/hab./dia – porém, estas são informações institucionais, que ainda não estão consolidadas.

Ponta Grossa possui um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos, ele foi elaborado em 2013, a empresa responsável pela limpeza urbana e movimentação dos resíduos é a Ponta Grossa Ambiental, com recolhimento em 100% do perímetro urbano. Segundo informações do plano, são produzidos por dia 195 toneladas de resíduos domésticos na cidade. A contagem per capita foi mencionada a população do ano 2010 onde 311.611 habitantes geraram cerca de 63.656 toneladas de lixo equivalente a 0,560 kg que cada habitante gera por dia (PGIRS, 2013).

O Aterro do Botuquara, localizado no distrito de Itaiacoca, é o lugar onde é feita a disposição final dos resíduos domiciliares da cidade há mais de vinte e cinco anos. Nos anos 1990 o lugar foi um lixão a céu aberto sem qualquer controle de

seus aspectos e impactos ambientais, mas no final dessa década e início dos anos 2000 grandes modificações foram realizadas que transformou o local num Aterro Sanitário cuja desativação foi prevista para 2019.

De posse dos dados foi carregada planilha eletrônica, para estimativa do potencial de produção de biogás com os resíduos urbanos. A metodologia de estimativa de emissões utilizada foi a do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, no Manual de Inventários de Emissões de Gases do Efeito Estufa (IPCC, 2006). Foram considerados três cenários: a) cenário atual sem separação preliminar dos resíduos orgânicos, b) no segundo cenário se considera a separação preliminar dos resíduos orgânicos, com eficiência de 20% e, c) no terceiro cenário também considera separação preliminar, agora com uma eficiência de 40%.

A geração de resíduos per capita é um dado de entrada na planilha e foi alterado conforme a eficiência da separação preliminar. Os outros dados alterados com base na seleção preliminar foram: fração de restos de alimentos na massa de resíduos, fração de papel/papelão na massa de resíduos, fração de madeira na massa de resíduos, fração de têxteis na massa de resíduos, fração de resíduos de poda na massa de resíduos, fração de plástico na massa de resíduos, fração de metal na massa de resíduos, fração de vidro na massa de resíduos e fração de outros na massa de resíduos.

Com o encerramento do aterro em 2019, considerou-se o volume de resíduos aterrados até 2018 como sendo o máximo suportado pelo local. Desta forma, os cenários com seleção consideraram este valor como limite. A partir desta simulação foi possível obter dois dados: quantos anos o aterro operaria adicionalmente caso houvesse a seleção preliminar e o volume de biogás acumulado nestes novos cenários.

## 2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Em Ponta Grossa, conforme identificado anteriormente são 63.656 toneladas de RSU por ano coletados na cidade. Conforme a Tabela 2 se observa a composição gravimétrica, com destaque para os orgânicos que representam 33% do total.

**Tabela 2 – Composição Gravimétrica do RSU**

<b>Caracterização dos RSU - Ponta Grossa</b>	<b>%</b>
Fração de restos de alimentos na massa de resíduos	33,0%
Fração de papel/papelão na massa de resíduos	12,0%
Fração de madeira na massa de resíduos	0,6%
Fração de têxteis na massa de resíduos	7,1%
Fração de resíduos de poda na massa de resíduos	0,0%
Fração de plástico na massa de resíduos	15,9%
Fração de metal na massa de resíduos	4,0%
Fração de vidro na massa de resíduos	4,6%
Fração de outros na massa de resíduos	22,7%

Fonte: PGIRS 2013, adaptado.

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ATERRO

O índice de coleta em Ponta Grossa é de 100%. De acordo com a Tabela 3 se observa como está caracterizado o Aterro Sanitário do município.

**Tabela 3 – Aterro de Ponta Grossa**

<b>Caracterização do Aterro - Ponta Grossa</b>	
Geração de resíduos	0,2044
População Censo 2000	273.616
População Censo 2010	311.611
Ano em que iniciou a operação do aterro	2.001
População no ano de início de operação do aterro	278.660
Taxa de Urbanização da População do Município	97,8%
Taxa de Coleta de RSU no Município (urbano)	100%
Expectativa de anos de operação do aterro	18

Fonte: PGIRS 2013, adaptado.

Destaca-se que o índice de geração de resíduos 0,2044, está abaixo do que é considerado padrão para a América Latina que é de 0,26 que equivale a 0,713 Kg/dia por habitante de RSU.

### 2.4 POPULAÇÃO X RESÍDUOS

Em Ponta Grossa, no final dos anos de 1990 e início dos anos 2000, houve grande esforço com isso foi possível transformar o “lixão a céu aberto” que existia, num Aterro Sanitário. Por essa razão foi considerado como início do Aterro o ano 2001. Com as modificações foi estimado que o local teria uma sobre vida de 18 anos, por essa razão considerou-se base para encerramento do aterro o ano de 2019. Observando a Tabela 4, nela está evidenciado a estimativa da população e a capacidade para gerar resíduos no tempo de vida útil do Aterro, destacando que ao final se projeta uma população de 337.121 habitantes que produz um acumulado de 1,12 milhões de toneladas de RSU.

**Tabela 4 – Projeção da População/Resíduos**

<b>Ano</b>	<b>População (hab.)</b>	<b>Geração RSU (Ton./ano)</b>	<b>RSU acumulado (Ton./ano)</b>
2001	272.529	56	56
2002	276.329	56	112
2003	280.128	57	169
2004	283.928	58	227
2005	287.727	59	286
2006	291.527	60	346
2007	295.326	60	406
2008	299.126	61	467
2009	302.925	62	529
2010	306.725	63	592
2011	310.524	63	655
2012	314.324	65	720
2013	318.123	65	785
2014	321.923	66	851
2015	325.723	66	917
2016	329.522	67	984
2017	333.321	69	1.053
2018	337.121	69	1.122

Fonte: autoria própria.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CENÁRIO 1 – SEM SELEÇÃO PRELIMINAR

No cenário inicial ocorre a disposição dos RSU no aterro sem a separação dos componentes. É considerado o aterramento da forma como os RSU foram coletados nas residências. A Tabela 5 demonstra a composição gravimétrica dos RSU.

**Tabela 5 –RSU Sem tratamento**

<b>Fração dos Resíduos</b>	<b>%</b>
Restos de alimentos na massa de resíduos	33,0%
Papel/papelão na massa de resíduos	12,0%
Madeira na massa de resíduos	0,6%
Têxteis na massa de resíduos	7,1%
Poda na massa de resíduos	0,0%
Plástico na massa de resíduos	15,9%
Metal na massa de resíduos	4,0%
Vidro na massa de resíduos	4,6%
Outros na massa de resíduos	22,7%

Fonte: PGIRS 2013, adaptado.

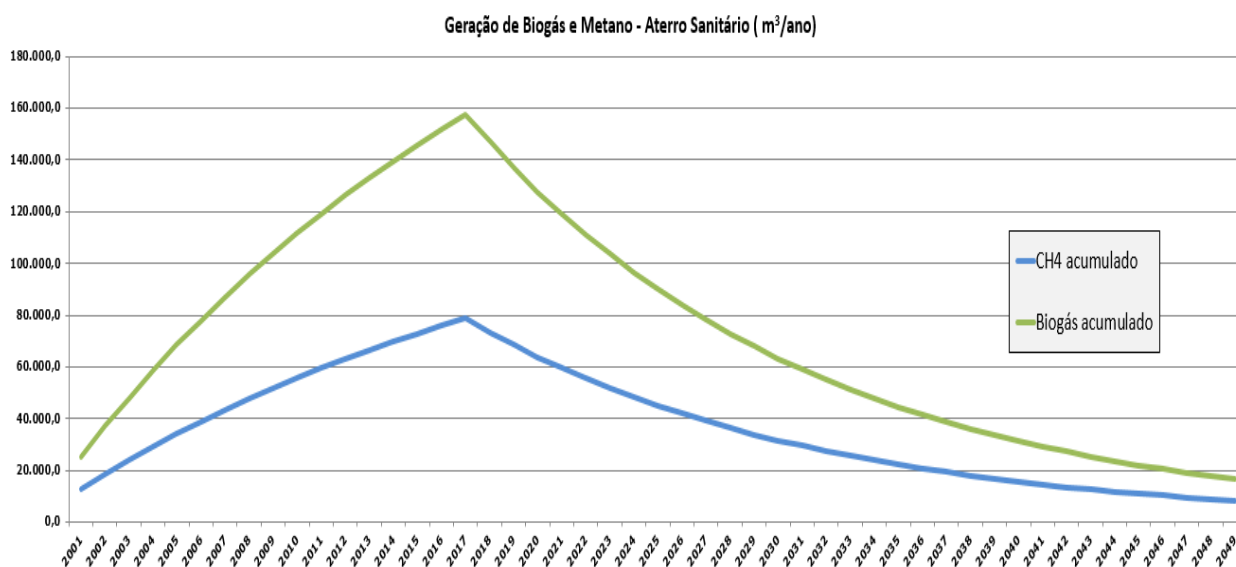
Para o cenário inicial, a Tabela 6 mostra que o acumulado ao final de 18 anos haverá de mais de um milhão e cem mil toneladas de RSU dispostas no aterro, para uma população de 337,12 mil habitantes.

**Tabela 6 – População/RSU acumulado**

<b>Ano</b>	<b>População (hab.)</b>	<b>Geração RSU (Ton./ano)</b>	<b>RSU acumulado (Ton./ano)</b>
2001	272.529	56	56
2002	276.329	56	112
2003	280.128	57	169
2004	283.928	58	227
2005	287.727	59	286
2006	291.527	60	346
2007	295.326	60	406
2008	299.126	61	467
2009	302.925	62	529
2010	306.725	63	592
2011	310.524	63	655
2012	314.324	65	720
2013	318.123	65	785
2014	321.923	66	851
2015	325.723	66	917
2016	329.522	67	984
2017	333.321	69	1.053
2018	337.121	69	1.122

Fonte: autoria própria.

Destaque para maior volume do biogás entre os anos 2017 e 2018 com 157.749,5m<sup>3</sup>, e 78.874,7m<sup>3</sup> para o metano. Mesmo após encerramento do aterro, como se observa na Figura 1, apesar do decréscimo, somente depois do ano 2048 a produção do biogás e de metano será menor do que no início do aterro, mais de três décadas lançando gases que se não tratados adequadamente vão causar grave problema nível local e colaborar para o agravamento do aquecimento global.



**Figura 1 – Geração biogás e metano**



**Fonte: autoria própria**

“O aterramento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um procedimento que acarreta a perda de matéria-prima, de energia, de áreas urbanas e resulta em inúmeros impactos ambientais, sociais e de saúde pública” (PROBIOGAS, 2016). Por essa razão se busca formas de valorização dos componentes, projetando formas de disposição final, separando parte dos materiais.

### 3.2 CENÁRIO 2 – COM SELEÇÃO PRELIMINAR 20%

Neste cenário é aumentado a quantidade de matéria orgânica, retirando do total componentes inertes. A Tabela 7 indica o aumento de 20% na quantidade de matéria orgânica enquanto se observa diminuir outros componentes dos RSU.

**Tabela 7 – RSU 20%**

<b>Fração de Resíduo</b>	<b>%</b>
Restos de alimentos na massa de resíduos	39,6%
Papel/papelão na massa de resíduos	9,6%
Madeira na massa de resíduos	0,5%
Têxteis na massa de resíduos	5,7%
Poda na massa de resíduos	0,0%
Plástico na massa de resíduos	12,7%
Metal na massa de resíduos	3,2%
Vidro na massa de resíduos	3,7%
Outros na massa de resíduos	18,2%

**Fonte: autoria própria**

Enquanto se aumenta 20% de orgânicos se evita outros materiais na disposição dos RSU, com isso já é possível perceber um ganho na quantidade, a Tabela 8 mostra que, o acumulado de RSU aterrados até 2018, essa quantidade é menor que um milhão de toneladas.

**Tabela 8 – Disposição RSU 20%**

<b>Ano</b>	<b>População (hab.)</b>	<b>Geração RSU (Ton./ano)</b>	<b>RSU acumulado (Ton./ano)</b>
2001	272.529	45	45
2002	276.329	45	90
2003	280.128	46	136
2004	283.928	46	182
2005	287.727	47	229
2006	291.527	48	277
2007	295.326	48	325
2008	299.126	49	374
2009	302.925	50	423
2010	306.725	50	474
2011	310.524	51	524

2012	314.324	51	576
2013	318.123	52	628
2014	321.923	53	680
2015	325.723	53	734
2016	329.522	54	788
2017	333.321	55	842
2018	337.121	55	897
2019	340.920	56	953
2020	344.720	56	1.009
2021	348.519	57	1.066

Fonte: autoria própria

O procedimento mostra um aumento na vida útil de aterro em pelo menos três anos, pois em 2021 o volume acumulado ainda é menor que a disposição sem tratamento – onde lá se acumulou 1.122 toneladas.

Nesse cenário, ocorre a maior produção do biogás em 2020 com 113.589,40 m<sup>3</sup>, e 68.153,20 m<sup>3</sup> para o metano. Mesmo após encerramento do aterro, como se observa na Figura 2, depois de 2049 a produção do biogás e de metano será menor do que no início do aterro.

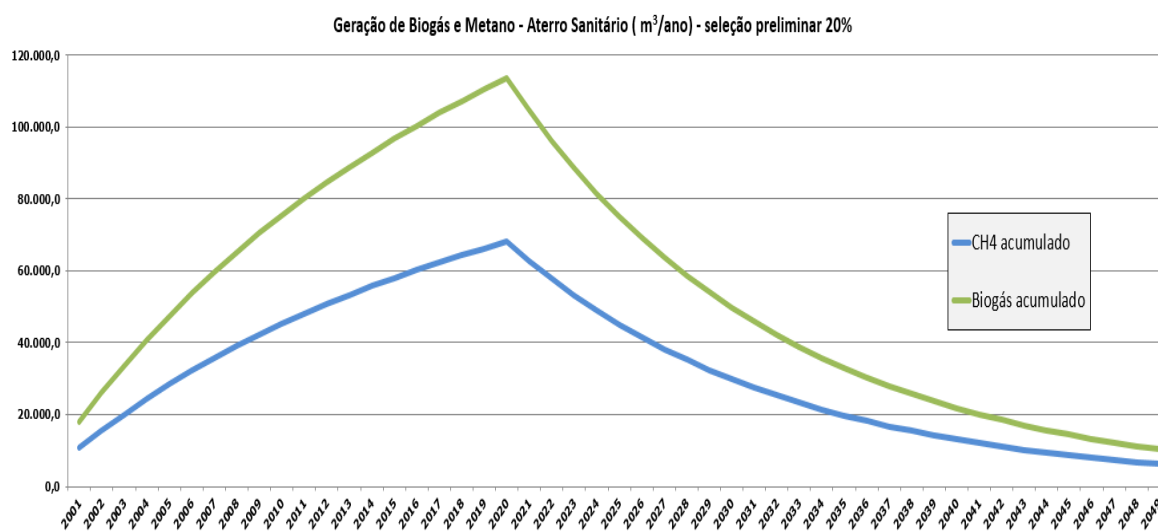


Figura 2 – Geração biogás e metano seleção preliminar 20%

Fonte: autoria própria

### 3.3 CENÁRIO 3 – COM SELEÇÃO PRELIMINAR 40%

No último cenário também é aumentado a quantidade de matéria orgânica, retirando do total um maior percentual de componentes inertes. Neste último cenário com seleção preliminar a 40% para valorização da matéria orgânica, a Tabela 9 evidencia a nova gravimetria, cuja composição sugere a valorização

ocorrida bem como a disposição de outros componentes que serão em quantidade menor.

**Tabela 9 – RSU 40%**

<b>Fração de Resíduo</b>	<b>%</b>
Restos de alimentos na massa de resíduos	46,2%
Papel/papelão na massa de resíduos	7,2%
Madeira na massa de resíduos	0,4%
Têxteis na massa de resíduos	4,3%
Poda na massa de resíduos	0,00%
Plástico na massa de resíduos	9,6%
Metal na massa de resíduos	2,4%
Vidro na massa de resíduos	2,8%
Outros na massa de resíduos	13,6%

**Fonte: autoria própria**

Neste cenário final, os RSU acumulados estão agora a 673 mil toneladas no ano 2018. Na Tabela 10 identifica-se que o aterro com previsão de uso para 18 anos, passa agora para 28 anos de vida útil, aplicando apenas 40% na valorização dos componentes do RSU – com ênfase na matéria orgânica.

Quando se compara a produção do biogás parece ser menor se comparado à situação inicial (sem tratamento). Entretanto, a produção é maior em relação a cada metro cúbico do aterro, ou seja: quando se aplica algum tipo de tratamento aos RSU, ocorre maior eficiência por metro cúbico de aterro. Além dessa situação positiva, ocorre melhor aproveitamento de itens que podem ser conduzidos para a reciclagem.

**Tabela 10 – Disposição RSU 40%**

<b>Ano</b>	<b>População (hab.)</b>	<b>Geração RSU (Ton./ano)</b>	<b>RSU acumulado (Ton./ano)</b>
2001	272.529	33	33
2002	276.329	34	67
2003	280.128	34	102
2004	283.928	35	136
2005	287.727	35	172
2006	291.527	36	208
2007	295.326	36	244
2008	299.126	37	280
2009	302.925	37	318
2010	306.725	38	355
2011	310.524	38	393
2012	314.324	39	432
2013	318.123	39	471
2014	321.923	39	510
2015	325.723	40	550
2016	329.522	40	591
2017	333.321	41	632
2018	337.121	41	673
2019	340.920	42	715

2020	344.720	42	757
2021	348.519	43	800
2022	352.319	43	843
2023	356.118	44	887
2024	359.918	44	931
2025	363.717	45	975
2026	367.517	45	1.020
2027	371.316	46	1.066
2028	375.116	46	1.112

Fonte: autoria própria

Neste último cenário, ocorre a maior produção do biogás em 2027 com 102.968,9m<sup>3</sup>, e 61.781,3m<sup>3</sup> para o metano. Da mesma forma que nos cenários anteriores, após encerramento do aterro, como se observa na Figura 3, depois de 2049 a produção do biogás e de metano será menor do que no início do aterro, mais de três décadas lançando gases que se não tratados adequadamente vão causar grave problema nível local e colaborar para o agravamento do aquecimento global.

Os resultados obtidos apontam que o processo de separação preliminar de resíduos urbanos em Ponta Grossa seria positivo em termos de ampliação da vida útil do aterro e impactaria pouco no volume de biogás e metano disponíveis. Identificou-se que tempo de operação do aterro aumentaria em 3 anos e 9 anos, nos cenários de 20% e 40% de eficiência na seleção dos resíduos urbanos destinados ao Aterro Sanitário de Ponta Grossa.

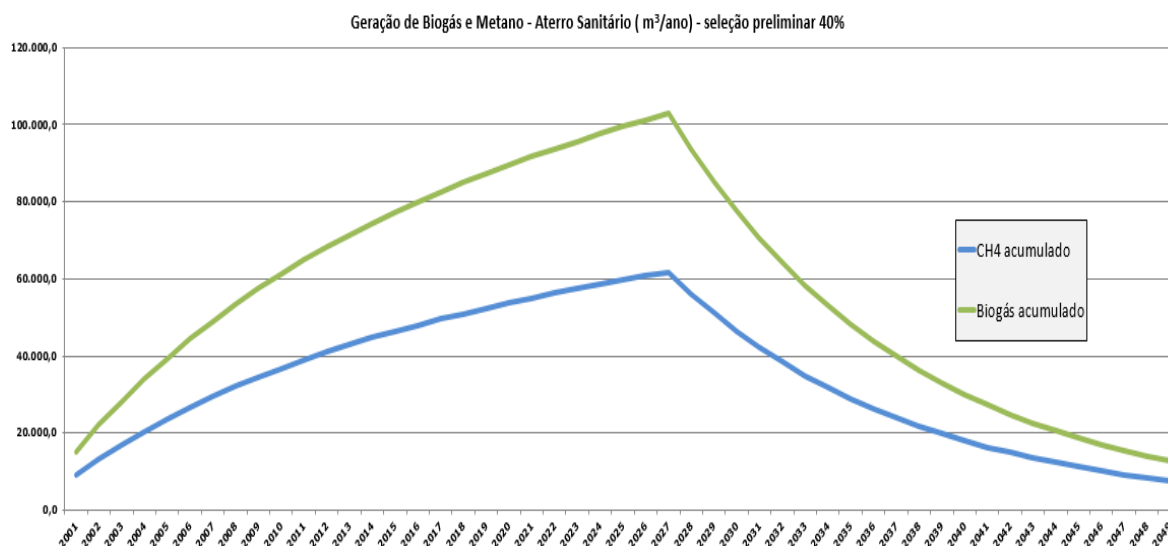


Figura 3 – Produção biogás e metano seleção preliminar 40%  
Fonte: autoria própria

O presente artigo não considerou os custos de implantação do sistema de separação preliminar nem os custos evitados com a ampliação da vida útil do aterro. Os dados foram analisados somente até o ano 2050. Embora a Tabela 11 indique volume menor de biogás para os casos de seleção preliminar, é importante esclarecer que após o encerramento do aterro – 2019, 2022, 2029 – há o decaimento da produção de biogás e os anos adicionados à operação do aterro foram apenas adicionados à produção de biogás no local.

Em termos de biogás coletado, o resultado é de incremento insignificante, ou seja, o maior tempo de operação não significou maior quantidade de biogás coletado e, conseqüentemente, de metano produzido.

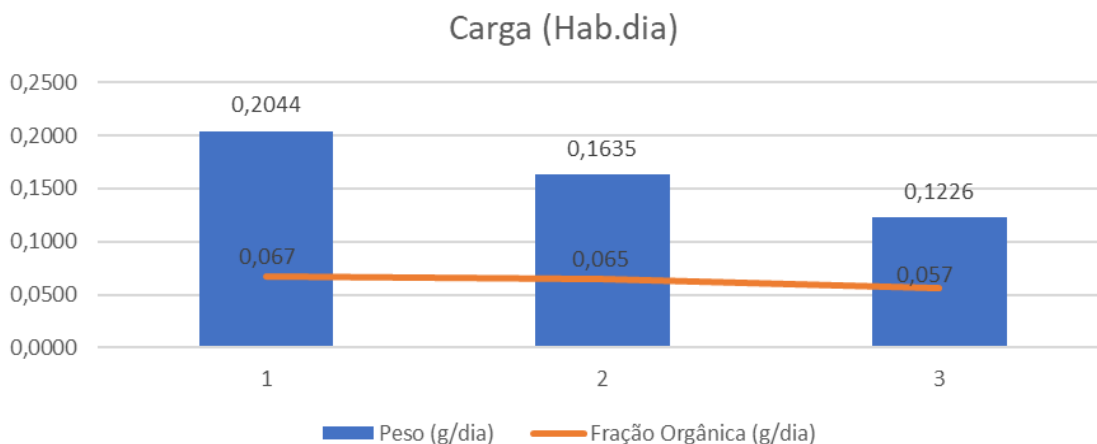
**Tabela 11 – Biogás coletado em relação aos tratamentos propostos**

<b>Tratamento</b>	<b>RSU acumulado</b>	<b>Ano de Encerramento</b>	<b>Biogás Coletado (mil/Ton.) 2001 a 2050</b>
Sem separação preliminar	1122	2019	3.627.539,3
Com separação preliminar - 20%	1066	2022	2.668.940,9
Com separação preliminar - 40%	1112	2029	2.774.483,2

**Fonte: autoria própria**

A média anual de produção de biogás considerando o ano de abertura até 2050 é de 74.031,4 m<sup>3</sup>/ano para o cenário sem seleção, 54.468,2 m<sup>3</sup>/ano para o cenário com tratamento 20% e 56.622,1 m<sup>3</sup>/ano para o tratamento 40%. Isto se deve à que quantidade de matéria orgânica degradável.

A contribuição por habitante é variável para cada cenário. A separação preliminar reduz o aporte de todos os resíduos, inclusive os orgânicos, em proporção diferenciada dos demais. A figura 4 evidencia a quantidade diária com que cada habitante contribui para a formação do biogás.



**Figura 4 – Carga orgânica por cenário**  
 Fonte: autoria própria

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados apontaram impacto positivo: aumento na vida útil do aterro. A remoção de outros componentes da massa de resíduos passíveis de recuperação, como materiais recicláveis principalmente papelão, metais e vidros, proporcionou a ampliação da vida útil do aterro.

Apesar dos resultados apontarem redução na quantidade de biogás, se percebe que é expressiva as emissões que um aterro semelhante ao de Ponta Grossa que recebe 195 toneladas de RSU diárias é capaz de produzir, visto que mesmo após o encerramento, serão necessárias mais que três décadas até haver a estabilização completa da matéria orgânica, e interrupção das emissões atmosféricas.

Importante considerar para todas as cidades do Brasil, haver um local anterior ao aterramento, um centro de triagem para retirar dos RSU a maior quantidade possível de material reciclável. Isto está em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A busca constante por tecnologias para utilização de energias renováveis como o Biogás de Aterro, a recuperação de materiais evitando a extração de matéria prima da natureza, podem ser procedimentos simples capazes de prolongar a vida dos Aterros Sanitários, além disso fará com que sejam poupados recursos naturais e ainda, evitará a emissão dos gases de efeito estufa à atmosfera colaborando para minimizar o aquecimento global.

## 5. REFERÊNCIAS

ABRELPE - **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017 (setembro/2018)**.

Disponível em:

[https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wpcontent/uploads/2018/09/SITE\\_grappa\\_panoramaAbrelpe\\_ago\\_v4.pdf](https://belasites.com.br/clientes/abrelpe/site/wpcontent/uploads/2018/09/SITE_grappa_panoramaAbrelpe_ago_v4.pdf) . Acessado em 17/11/2018.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **Conceitos para o licenciamento ambiental de usinas de biogás** / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); autores, Felipe Correa de Souza Pereira Gomes ... [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. Disponível em:

<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas/publicacoes/publicacoes-do-probiogas> . Acessado 05/10/2018.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **O estado da arte da tecnologia de metanização seca** / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); autor, Luis Felipe de Dornfeld Braga Colturato. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015. 97 p.: il. – (Aproveitamento energético de biogás de resíduos sólidos urbanos;1). Disponível em:

<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas/publicacoes/publicacoes-do-probiogas> . Acessado 05/10/2018.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. **Viabilidade econômica de projetos de valorização integrada de RSU com produção de biogás** / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); autores, Luis Felipe de D. B. Colturato ... [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2016. 124 p.: il. – (Aproveitamento energético de biogás de resíduos sólidos urbanos; 2). Disponível em:

<http://www.cidades.gov.br/saneamento-cidades/probiogas/publicacoes/publicacoes-do-probiogas> . Acessado em 02/10/2018.

FIEP - Federação das Indústrias do Estado do Paraná. **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná–Curitiba**: FIEP/Senai/PR. 2016.

Disponível em: <https://biblioteca.cibiogas.org/biblioteca/#!/publicacoes> . Acessado 02/10/2018.

IBGE - **1. População estimada 01.julho 2000\_IBGE\_Cópia de UF\_Municipio.xls**.

Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads> . Acessado em: 03/02/2019.

**IBGE - ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO RESIDENTE NO BRASIL E UNIDADES DA FEDERAÇÃO COM DATA DE REFERÊNCIA EM 1º DE JULHO DE 2018.**

Disponível em:

[ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas\\_de\\_Populacao/Estimativas\\_2018/estimativa\\_dou\\_2018\\_20181019.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2018/estimativa_dou_2018_20181019.pdf) . Acessado em: 03/02/2019.

IBGE – **SINOPSE DO CENSO DEMOGRÁFICO 2010 - PARANÁ**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=41&dados=29> . Acessado em: 03/02/2019.

ICLEI - Brasil - Governos Locais pela Sustentabilidade **Manual para aproveitamento do biogás**: volume um, aterros sanitários. ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade, Secretariado para América Latina e Caribe, Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2009. Disponível em: [http://archive.iclei.org/fileadmin/user\\_upload/documents/LACS/Portugues/Programas/M2M/ICLEI\\_Manual\\_-\\_FINAL\\_72\\_dpi.pdf](http://archive.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/LACS/Portugues/Programas/M2M/ICLEI_Manual_-_FINAL_72_dpi.pdf) . Acessado em: 10/12/2018.

IPARDES-**CADERNO ESTATÍSTICO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA**. Maio 2019. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=84000> . Acessado em: 03/05/2019.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**, – Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 – Waste, 2006.

**PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA. PGIRS PONTAGROSSA 2013**. DISPONÍVEL EM: <http://www.pontagrossa.pr.gov.br/files/formularios/PGIRS%20Ponta%20Grossa.pdf> . Acessado em 06/12/2018.

PONTA GROSSA AMBIENTAL (PGA). **Divulgação Institucional-Limpeza Urbana. Coleta de Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em: <https://pgambiental.com.br/servico/coleta-e-transporte-de-residuos-urbanos-domiciliares/> . Acessado em 06/12/2018.