



# Análise do Potencial de produção de biogás nos Campos Gerais

## *Analysis of biogas production potential in the Campos Gerais region*

Vicente Paula Santos Filho\*, Eduardo Bittencourt Sydney†

### RESUMO

O biogás surge no cenário energético como uma alternativa renovável e que pode ser gerado a partir de diversos materiais. É uma tecnologia que pode adaptar-se a diferentes localidades e que pode gerar energia térmica, elétrica ou veicular. Não obstante, a produção de biogás é uma atividade que traz a sustentabilidade, diminuição da emissão de poluentes (metano é utilizado como fonte de energia ao invés de ser lançado na atmosfera) e uma alternativa ao gerenciamento de resíduos, por exemplo a matéria orgânica que vai para aterros pode ser utilizada na produção do biogás. O presente trabalho tem o objetivo de calcular o potencial teórico de geração de energia nos Campos Gerais através da produção de biogás utilizando como substrato os resíduos da atividade pecuária, industrial e urbana. O potencial teórico foi calculado utilizando referências bibliográficas sobre quantidade de produção dos resíduos e suas respectivas produções de biogás após a fermentação. Como resultados observou-se que a utilização do biogás tem um grande potencial de gerar uma economia circular, porém em alguns resíduos, como os Resíduos Sólidos Urbanos, faz-se necessário uma grande escala de produção para atingir a viabilidade técnica da digestão.

**Palavras-chave:** biogás, potencial de produção, digestão anaeróbica, resíduos

### ABSTRACT

Biogas appears in the energy scenario as a renewable alternative that can be generated from different materials. It is a technology that can adapt to different locations and that can generate thermal, electrical or vehicular energy. Nevertheless, the production of biogas is an activity that brings sustainability, a reduction in the emission of pollutants (methane is used as an energy source instead of being released into the atmosphere) and an alternative to waste management, for example, organic matter that goes to landfills can be used in the production of biogas. This work aims to calculate the theoretical potential of energy generation in the region of Campos Gerais through the production of biogas using as substrate the waste from livestock, industrial and urban activities. The theoretical potential was calculated using bibliographical references on the amount of waste production and their respective biogas production after fermentation. As a result, it was observed that the use of biogas has a great potential to generate a circular economy, but in some wastes, such as Urban Solid Waste, a large scale of production is necessary to achieve the technical viability of digestion.

**Keywords:** biogas, production potential, anaerobic digestion, residue

## 1 INTRODUÇÃO

O estado do Paraná encontra-se em local estratégico dentro do cenário energético do Brasil. Sua abundância em recursos hídricos tornam o estado referência na produção desse tipo de energia. Ademais, a dependência excessiva das hidrelétricas pode ser prejudicial em momentos onde haja uma falta da força motriz

\* Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil; vicentef@alunos.utfpr.edu.br

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa; eduardosydney@utfpr.edu.br.



(água). Com isso faz-se necessária uma diversificação da matriz energética renovável, tornando o estado menos suscetível à utilização de combustíveis fósseis (acionados quando o volume de energia produzida pelas hidrelétricas fica muito baixo) (ROCHA, 2014). Além disso, outro fator importante para a necessidade de mais estudos sobre energias renováveis é a demanda do mercado por uma economia de baixo carbono (LOSEKANN, HALLACK, 2018). Com a transição energética em mente, o Paraná conta atualmente com 136 plantas de biogás e biometano, das quais 8 utilizam como fonte de substratos o esgoto gerado nas cidades, 44 os resíduos industriais e 84 os resíduos agropecuários, resultando em um potencial total de biogás de 200.081.478 Nm<sup>3</sup>/ano (CIBIOGÁS, UNIDO e ABIOGÁS, 2021).

Recebe a denominação de biogás o gás que ainda não passou pelo processo de purificação. Este gás em sua forma bruta é saturado de vapor de água, contém metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S), que exala um odor de ovo podre e é tóxico (ROHSTOFFE, 2010). Para que o processo de digestão ocorra é necessária a presença de microrganismos que atuam sob uma série de condições ótimas, como pH, temperatura, e tipo de substrato (KARLSSON, KONRAD, *et al.*, 2014). Essas variáveis contribuem para a digestão aconteça da melhor forma. Ela possui quatro principais etapas: hidrólise (polímeros mais complexos do substrato são quebrados em monômeros), acidogênese (Monômeros utilizados para a produção de várias moléculas como o ácido acético), acetogênese (degradação dos compostos produzidos em acetato) e metanogênese (utilização de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> e acetato para a síntese de metano) (EDWIGES, MULLER e MARTINEZ, 2020). Diante do exposto, o presente trabalho visa responder a pergunta: quanto de biogás, e posteriormente energia, pode ser produzido através da utilização de resíduos provenientes das principais atividades econômicas da região?

## 2 MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo sobre o potencial de geração de biogás nos Campos Gerais foram consultados órgãos oficiais e governamentais. A área estudada foi a dos Campos Gerais do Paraná. Por ser uma região que é definida não só por fatores geográficos, mas também culturais, os municípios participantes podem variar de fonte para fonte e por esse motivo os municípios delimitados são os que compõem a mesorregião centro-oriental do estado. Os setores agroindustrial, agropecuário, industrial e urbano foram os escolhidos por terem uma participação expressiva na economia da região. Após o levantamento das principais atividades econômicas, foi realizada uma pesquisa sobre os volumes gerados de cada tipo de resíduo. Após isso, uma busca bibliográfica sobre o potencial de produção de metano de cada tipo de resíduo foi feita para a elaboração das tabelas. Por fim, o biogás final gerado foi convertido em potencial de energia. Em todas as tabelas foram utilizadas as fórmulas gerais a seguir:

$$\text{Potencial de biogás} = \text{Volume de resíduo gerado} * \text{fator de conversão para o resíduo} \quad (1)$$

$$\text{Potencial energético} = \text{Potencial de biogás} * 1,8 * 1.000.000 \quad (2)$$

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Pecuária



As atividades econômicas delimitadas pelo estudo serão brevemente introduzidas e no fim do tópico estará a tabela (Tab. 1) com os resultados gerais compilados. Iniciando com uma das atividades mais intensas do estado, o Paraná possui uma grande expressividade pecuária, com quase 9 milhões de bovinos, 6,8 milhões de suínos e 390 milhões de galináceos (IBGE, 2019). A fim de obter-se o potencial energético com a biodigestão dos dejetos dos animais, foi elaborada um quadro (Tab. 1) com os dados pertinentes às conversões para se chegar ao resultado final. Para o cálculo do potencial energético em galináceos, foi pega a média entre os valores estipulados por Oliveira (1993).

### 3.2 Indústria cervejeira

Dentro do estado do Paraná e mais especificamente nos Campo Gerais estão situadas duas das maiores cervejarias do país, as cervejarias Ambev (330.000 HL/mês) e Heineken (300.00 HL/ mês). Para a conversão em biogás é possível a utilização do lúpulo, malte e levedura, principais ingredientes da fabricação de cerveja (SENAI, 2016). Considerando que para cada litro de cerveja produzida são formados 0,16 Kg de resíduos, pode-se estimar que o setor tem capacidade de geração de 127.096 toneladas de resíduos que poderiam ser convertidos em energia.

### 3.3 Indústria de papel e celulose

O principal efluente gerado pela beneficiação do papel e celulose é o licor negro. Ele é bastante tóxico e por essa característica, acreditava-se que não era tratável biologicamente (SENAI, 2016). Contudo, através de estudos recentes como o de Bastos (2020), percebeu-se que o licor negro pode ser digerido anaerobicamente e gerar significativo volume de gás. A comparação da Tab. 1 relaciona a produção de papel e celulose com seu potencial energético, levando em conta a utilização do licor negro como substrato. Como base de dados foi levado em conta a produção da maior empresa da região devido à falta de informações sobre a produção paranaense.

### 3.4 Resíduos urbanos e Esgoto

Uma pessoa produz em média 1,2 Kg de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) diariamente e a tendência é que essa produção aumente em até três vezes até 2050 (FEDERAL, 2014). A fim de analisar a possível produção de biogás através dos RSUs, foi considerada a população urbana das cidades presentes nos Campo Gerais e os índices de produção de resíduos por habitantes.

Já sobre o esgoto, ele pode ser tratado de diversas formas, mas a digestão anaeróbica se mostra uma das mais eficientes, pois dispensa aeração – gerando menos gastos com energia elétrica – e promove uma desinfecção mais efetiva dos microrganismos patogênicos aeróbios. O método em si – assim como o tratamento de RSUs – possui um rendimento baixo de produção de biogás, mas sua viabilidade é atingida com o aumento de escala (SENAI, 2016). Por exemplo, segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2012) para que o processo da biodigestão de RSUs se torne factível, é necessário um aporte diário mínimo de 150 toneladas/dia de resíduos, sendo mais aconselhado a quantidade de 250 toneladas/dia. A tabela a seguir (Tab. 1) baseia seus dados na produção de esgoto e na população urbana estimada. Com o propósito de não deixar a tabela extensa, as cidades com potencial de produção inferior a 3,3 GWh/ ano (RSU) e 1 GWh/ ano (esgoto) não foram representadas.



**Tabela 1- Produção de biogás e bioeletricidade nos Campos Gerais a partir de resíduos da pecuária, indústria cervejeira, papel e celulose, RSU e esgoto.**

	Espécie animal <sup>12</sup>	Total de dejetos/dia (Kg) <sup>3</sup>	Biogás total (m <sup>3</sup> /ano) <sup>4</sup>	Potencial energético (GWh/ano) <sup>5</sup>
<b>Pecuária</b>	Galináceos Totais	2.203.976	40.222.565,65	72,40
	Vacas leiteiras	996.850	13.826.309,5	24,89
	Suínos	2.104.897,35	60.694.714,85	109,25
<b>Indústria cervejeira</b>	Tipo de cervejaria	Produção anual de cerveja (HL/ano)		
	Grandes cervejarias <sup>6</sup>	7.920.000	14.805.964,80	26,65
	Microcervejarias <sup>7</sup>	23.520	43.969,23	0,08
<b>Indústria de papel e celulose</b>	Produção Anual de Papel e Celulose (t) <sup>8</sup>	Produção de Resíduos Líquidos e Licor Negro (m <sup>3</sup> ) <sup>910</sup>		
	2.580.770	418.084.740	383.592.749	690,47
<b>Resíduos Sólidos Urbanos</b>	Região	Produção Anual de RSU (t/ano) <sup>1112</sup>		
	Centro oriental	177.943,46	17.794.345,66	32,03
	Ponta Grossa	83.663,86	8.366.386,12	15,059
	Telêmaco Borba	18.787,03	1.878.702,64	3,382
<b>Esgoto</b>	Região	Produção anual de esgoto (m <sup>3</sup> ) <sup>1314</sup>		
	Centro oriental	37.515.876,80	1.425.603,32	2,566
	Ponta Grossa	17.638.879	670.277,40	1,206

<sup>1</sup> Caprinos e ovinos não foram considerados por não haver produção expressiva.

<sup>2</sup> IBGE, 2017. Efetivo de vacas ordenhadas. IBGE, 2019. Efetivo de galináceos totais e suínos. Não foram encontrados dados mais atuais na base de dados do IBGE.

<sup>3</sup> OLIVEIRA, 1993. Pesos considerados: galinhas e frangos até 2,5kg (0,15 kg dejetos/dia); suínos 90kg (2,35 kg dejetos/dia); bovinos 500kg (12,5 kg dejetos/dia).

<sup>4</sup> KUNZ; OLIVEIRA, 2006. Índices de conversão utilizados: aves 0,05 m<sup>3</sup>/kg, suínos 0,079 m<sup>3</sup>/kg e vacas ordenhadas 0,038 m<sup>3</sup>/kg.

<sup>5</sup> BRONDANI, 2010. Fator de conversão utilizado: 1.8Kw por m<sup>3</sup>.

<sup>6</sup> A capacidade de produção da Ambev e Heineken foram coletadas através de contato com funcionários pelo LinkedIn.

<sup>7</sup> DC Mais, 2020. Microcervejarias consideradas: Partner Brewery House (30.000 L/mês); Koch Bier (140.000 L/mês); Brauerei Schultz (20.000 L/mês); Strasburger (6.000 L/mês).

<sup>8</sup> KLABIN, 2020. Número referente à produção de Papel (Unidade Monte Alegre - Telêmaco Borba - 1.035.370 t) e Celulose (Unidade Puma – Ortigueira - 1.545.400 t).

<sup>9</sup> ROSENWINKEL AUSTERMANN-HAUN; MEYER, 2005. Índice de conversão: 162 m<sup>3</sup>resíduo/ t papel e celulose.

<sup>10</sup> BERNI; BAJAY, 2003. Índice de conversão: 0,9175 m<sup>3</sup>biogás/m<sup>3</sup>resíduo.

<sup>11</sup> ABRELPE, 2020. Índice de conversão 277 Kg/ hab/ ano.

<sup>12</sup> FEAM, 2012. Índice de conversão: 100-200 m<sup>3</sup>/t, sendo considerados 100m<sup>3</sup>/t.

<sup>13</sup> Estimativa da população urbana em 2020 x Produção de esgoto por habitante por dia (0,16m<sup>3</sup>/hab.dia, Piveli) x 365 dias.

<sup>14</sup> COSTA, 2006. Índice de conversão 0,038 m<sup>3</sup>biogás/m<sup>3</sup>esgoto.



Fonte: IBGE (2021).

#### 4 CONCLUSÃO

Como o objeto de estudo desta pesquisa é o potencial teórico, os resultados finais podem apresentar discrepâncias significativas se comparados a um estudo prático. Isso é causado por diversos fatores como: a dieta dos animais, ingredientes da cerveja, tipos de resíduos sólidos e seus valores nutricionais, etc. Entretanto o estudo teórico já evidencia algumas possibilidades, como o enorme potencial energético dentro da indústria de papel e celulose e a utilização da energia gerada para a demanda energética interna e sua viabilidade de injeção da energia excedente no *grid*. Já o biogás gerado especificamente através dos resíduos sólidos urbanos e esgoto fornecem uma maneira mais sustentável de destinação de resíduos, embora necessitem de um volume muito grande para viabilizar a operação. Essa viabilidade de volume para a produção de biogás através de RSUs só é atingida na cidade de Ponta grossa, que chega a 229 toneladas diárias.

Em um mundo onde a transição energética se faz tão necessária, o Biogás desponta como forma diversificada e limpa de gerar energia, além de agregar valor para todas as partes envolvidas. São necessários estudos mais aprofundados para entender o possível impacto econômico dessa atividade dentro dos Campos Gerais. Como região industrializada e referência em suas atividades econômicas, a cadeia produtiva do biogás possui grande potencial na região.

#### REFERÊNCIAS

- FEAM, F. E. D. M. A. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos: Guia de Orientações para Governos Municipais de Minas Gerais**, 2012. Disponível em: <<[http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost\\_files/aproveitamento\\_20energ\\_c3\\_a9tico.pdf](http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/aproveitamento_20energ_c3_a9tico.pdf)>>. Acesso em: 29 Julho 2021.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no brasil**. Abrelpe. [S.l.]. 2020.
- BASTOS, J. A. **Produção de biogás em resposta ao prétratamento químico e reuso do licor negro aplicado aos resíduos de aparas de grama**. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Toledo, p. 69. 2020.
- BRONDANI, J. C. **Biodigestores e Biogás: Balanço energético, possibilidades de utilização e mitigação do efeito estufa**, Santa Maria, 2010. 119.
- CIBIOGÁS; UNIDO; ABIOGAS. **BiogásMap**. Cibiogás, 2021. Disponível em: <<<https://mapbiogas.cibiogas.org/>>>. Acesso em: 20 Junho 2021.
- COSTA, D. F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto**, 2006. Disponível em: <<[www.energia.usp.br/?q=pt-br/produção-técnico-cient%C3%ADfica/teses-2006](http://www.energia.usp.br/?q=pt-br/produção-técnico-cient%C3%ADfica/teses-2006)>>. Acesso em: 26 julho 2021.



- DC Mais. **DC Mais**, 2020. Disponível em: <<https://dcmais.com.br/ponta-grossa/pandemia-reduz-consumo-de-cerveja-e-afeta-micro-e-grandes-cervejarias-de-ponta-grossa/>>. Acesso em: 01 Agosto 2021.
- EDWIGES, T.; MULLER, R.; MARTINEZ, D.. **Fundamentos da digestão anaeróbia de substratos agroindustriais**. CIBiogás, UTFPR. [S.l.], p. 36. 2020.
- FEDERAL, S. **Aumento da produção de lixo tem custo ambiental**. Em discussão, 2014. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos/mundo-rumo-a-4-bilhoes-de-toneladas-por-ano>>. Acesso em: 29 Junho 2021.
- IBGE. Censo Agro 2017. **Censo Agro**, 2017. Disponível em: <[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=41&tema=75653](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html?localidade=41&tema=75653)>. Acesso em: 16 Julho 2021.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM. **IBGE**, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?t=resultados>>. Acesso em: 22 Junho 2021.
- IBGE. Cidades IBGE. **Panorama da População 2020**, 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama>>. Acesso em: 26 julho 2021.
- KARLSSON, T. et al. **Manual básico de biogás**. Lajeado: Univates, 2014.
- KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. **Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás**, 2006. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/507/458>>. Acesso em: 06 Julho 2021.
- LOSEKANN, Luciano; HALLACK, Michelle. **Novas energias renováveis no brasil: desafios e oportunidades**. Novas Energias Renováveis no Brasil: desafios e oportunidades, [s. l.], 1 jan. 2018. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8446/1/Novas%20energias%20renov%C3%A1veis%20no%20Brasil\\_desafios%20e%20oportunidades.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8446/1/Novas%20energias%20renov%C3%A1veis%20no%20Brasil_desafios%20e%20oportunidades.pdf). Acesso em: 12 set. 2021.
- OLIVEIRA, P. A. V. D. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Embrapa Suínos e Aves. Concórdia, p. 188. 1993.
- OPIVELI, R. P. **Tratamento de esgotos sanitários**, 2006. Disponível em: <<http://www.ctec.ufal.br/professor/elca/APOSTILA%20-%20TRATAMENTO%20DE%20ESGOTOS.pdf>>. Acesso em: 26 julho 2021.
- ROCHA, M. A. B. F. D. **Matriz energética do estado do Paraná**. Curitiba: [s.n.], v. 17, 2014.
- ROHSTOFFE, F. N. **Guia Prático do Biogás**, Gülzow, n. 5, 2010.
- ROSENWINKEL, K. H.; AUSTERMANN-HAUN, U.; MEYER, H. Industrial Wastewater Sources and Treatment Strategies. **Environmental Biotechnology**, Weinheim, Alemanha, 2005.
- SENAI. **Oportunidades da cadeia produtiva de biogás para o estado do Paraná**. Senai/PR. Curitiba, p. 144. 2016.