

## POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E METANO A PARTIR DE DEJETOS ANIMAIS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A REGIÃO OESTE DO PARANÁ (BRASIL) E A REGIÃO DE MISIONES (ARGENTINA)

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.8.25.XII-009>

**María Cecilia Tannuri (\*), Laercio M. Frare, Felipe S. Marques, Thiago Edwiges**

\*Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Facultad de Ingeniería (UNaM), ceciliatannuri12@gmail.com

### RESUMO

O estudo compara o potencial de produção de biogás e metano a partir de dejetos animais nas regiões de Misiones (Argentina) e oeste do Paraná (Brasil). Ambas as áreas distinguem-se pelas suas características geográficas, demográficas e econômicas, que influenciam a sua capacidade de geração de bioenergia. O estudo analisa a quantidade de rebanhos presentes em cada região e a eficiência com que os resíduos orgânicos são convertidos em biogás por meio da digestão anaeróbia. Os resultados mostraram diferenças significativas entre as duas regiões. Ressalta-se que o oeste do Paraná possui um potencial produtivo significativamente maior devido à alta densidade de suínos e aves. Essa região poderá gerar mais de 2,8 milhões de m<sup>3</sup> de biogás e cerca de 1,68 milhão de m<sup>3</sup> de metano diariamente. Por outro lado, Misiones, que possui menor número de animais e estrutura econômica diferenciada, apresenta um potencial de produção diária mais modesto, de 481.816 m<sup>3</sup> de biogás e 420.645 m<sup>3</sup> de metano. Em resumo, embora Misiones apresente oportunidades de desenvolvimento energético em menor escala que contribuam para a diversificação de sua matriz energética, o estudo destaca a capacidade do oeste do Paraná de liderar esse tipo de produção. Ambos os casos destacam a viabilidade técnica da conversão de resíduos pecuários em energia renovável, com implicações relevantes para o desenvolvimento sustentável em contextos agrícolas. Além disso, propõe-se utilizar estes dados para desenhar políticas públicas que promovam a bioenergia em ambas as regiões.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biogás, dejetos animais, Argentina, Brasil

### ABSTRACT

The study compares the potential for biogas and methane production from animal waste in the regions of Misiones (Argentina) and western Paraná (Brazil). Both areas are distinguished by their geographic, demographic and economic characteristics, which influence their capacity to generate bioenergy. The study analyzes the number of livestock present in each region and the efficiency with which organic waste is converted into biogas through anaerobic digestion. The results showed significant differences between the two regions. It is worth noting that western Paraná has a significantly greater production potential due to the high density of pigs and poultry. This region could generate more than 2.8 million m<sup>3</sup> of biogas and approximately 1.68 million m<sup>3</sup> of methane daily. On the other hand, Misiones, which has a smaller number of animals and a different economic structure, has a more modest daily production potential of 481,816 m<sup>3</sup> of biogas and 420,645 m<sup>3</sup> of methane. In summary, although Misiones presents opportunities for smaller-scale energy development that contribute to the diversification of its energy matrix, the study highlights the capacity of western Paraná to lead this type of production. Both cases highlight the technical feasibility of converting livestock waste into renewable energy, with relevant implications for sustainable development in agricultural contexts. Furthermore, it is proposed to use these data to design public policies that promote bioenergy in both regions.

**KEY WORDS:** Biogas, animal waste, Argentina, Brazil

### INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis como fonte de energia tem grande impacto no planeta, acelerando o interesse na modificação e diversificação das fontes de energia. Visto que, da mesma forma que ocorre globalmente, a matriz energética da Argentina e do Brasil é composta por fontes de Energia Não Renovável (ALESSANDRA CRISTINE NOVAK et al., 2016). O biogás entra em cena como uma alternativa promissora e uma fonte de energia renovável fundamental para um futuro mais sustentável e amigo do ambiente. Esta fonte de Energia Renovável consiste em uma mistura de gases (metano, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, entre outros) com potencial energético, gerados através do processo de digestão anaeróbia da matéria orgânica em um reator, denominado biodigestor (VIEIRA; POLLI, 2020).

Essa tecnologia oferece benefícios significativos ao alcançar uma gestão adequada de resíduos e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), uma vez que a Argentina é responsável por aproximadamente 0,6% das emissões, ocupando a 31ª posição mundial e a 2ª posição na América do Sul, depois do Brasil (MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. ARGENTINA, 2021). Ou seja, oferece impactos ambientais, sociais e econômicos positivos, contribuindo para a redução do consumo de energia fóssil e para a economia circular (HUARAYA HUAHUALUQUE; SANCHO MOYA, 2020). O desenvolvimento desta tecnologia na Argentina ainda é incipiente, porém, a produção de biogás começa a manifestar seu potencial, sendo uma tecnologia que poderá contribuir para os desafios energéticos (DECUNTO; CABALLERO, 2022).

No Brasil eles têm mais experiência na implementação desta tecnologia, principalmente em São Paulo e Minas Gerais, mas não no Estado do Paraná onde os estabelecimentos até o momento são pequenos e têm baixo potencial produtivo, registrando uma participação nacional de apenas 8 % na produção total de energia elétrica a partir de biomassa, o que aponta para uma necessidade de evolução (ALESSANDRA CRISTINE NOVAK et al., 2016). Por isso é importante explorar o potencial de produção de biogás em diferentes regiões, como Misiones e o Estado do Paraná, devido a fatores como clima, disponibilidade de recursos naturais, infraestrutura existente, políticas governamentais, projetos atuais e perspectivas futuras em ambos os países.

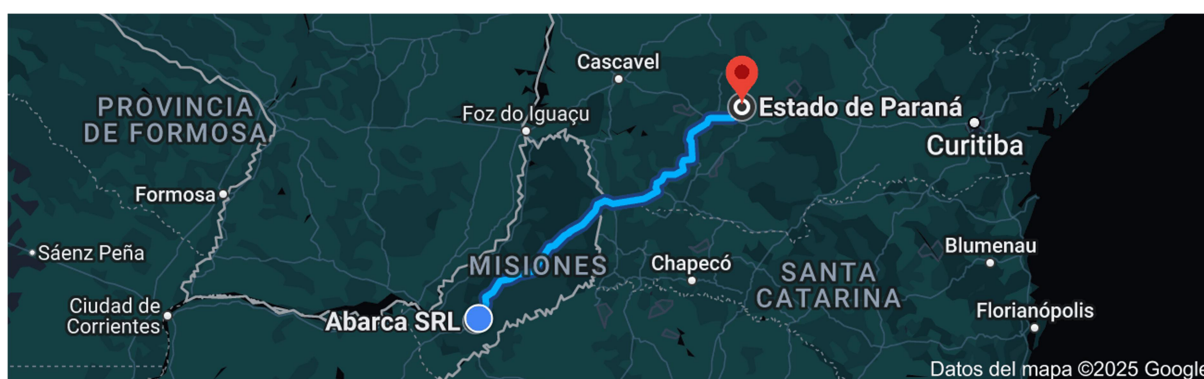
### OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho foi estimar o potencial de produção de biogás e metano a partir de dejetos animais na região de Misiones/Argentina e comparar com o potencial obtido na região oeste do estado do Paraná/Brasil, visando dar subsídio à formulação de política pública e estratégias de incentivo à produção de bioenergia na Argentina.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Análises comparativas do cenário regional

Argentina e Brasil (Figura 1), dois países latino-americanos com presença destacada na agricultura, pecuária e indústria, apresentam potencial significativo para a geração de biogás e a transformação de resíduos em recursos energéticos. Neste contexto, as áreas rurais são revalorizadas e apropriadas como espaços produtores de energia, principalmente a partir de recursos eólicos, solares e de biomassa (Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2024).



**Figura 1: Ubicación Geográfica de Misiones/Argentina y el Estado de Paraná/Brasil. Fuente: Google Maps**

Quanto a Misiones/Argentina, foi o resultado de um longo e enriquecedor processo de construção sociocultural, produto do entrelaçamento de guaranis, jesuítas, imigrantes e crioulos. Sua superfície é de 29.801 km<sup>2</sup> (0,8% do total nacional), uma população de 1.278.873 habitantes segundo o último Censo de 2022 e sua capital é a cidade de Posadas (Informe productivo provincial Año 8 - N° 43 - Abril 2023 ISSN 2525-023X, 2020). Seu clima é subtropical úmido, com muita chuva durante todo o ano, o que permite grande biodiversidade e vegetação. Entre seus atrativos estão as Cataratas do Moconá e as Cataratas do Iguaçu, reconhecidas por sua beleza. Quanto à sua organização política, é composta por dezessete departamentos, que se subdividem em 75 municípios. O Produto Geográfico Bruto (PIB) da província representa cerca de 1,4% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Sua estrutura produtiva baseia-se principalmente na

industrialização de produtos primários, destacando-se a atividade das serrarias, a indústria de celulose-papel e a preparação de erva-mate.

Por outro lado, o estado do Paraná abrange cerca de 199.298,98 km<sup>2</sup> e tem mais de 11,8 milhões de habitantes. É conhecida pela sua importância econômica, cultural e geográfica. O clima subtropical, com verões quentes e invernos amenos, favorece a agricultura, que é uma das suas principais atividades econômicas. O Paraná é um grande produtor de grãos e alimentos, o que auxilia no desenvolvimento econômico do Brasil. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Paraná é de 0,769, mostrando avanços na educação, saúde e qualidade de vida. Seu Produto Interno Bruto (PIB) o torna uma das economias mais fortes do país, destacando-se na agricultura, indústria e serviços (Paraná | Cidades e Estados | IBGE, 2024).

Com o objetivo de contextualizar as duas regiões foram realizadas uma análise detalhada das características geográficas, demográficas e socioeconômicas de Misiones e Oeste do Paraná. Para este estudo foram utilizados dados oficiais fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística e Censos da Argentina (INDEC), pelo Relatório Produtivo Provincial do Governo de Misiones e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

### Identificações da quantidade de animais por região

O número de animais foi obtido a partir de dados oficiais fornecidos pelo Ministério da Economia da Argentina, pela Secretaria de Agricultura, Pecuária e Pesca do Governo, bem como pelo Instituto Nacional de Estatística e Censos da República Argentina e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do Brasil. Foram consideradas as principais espécies com potencial para geração de biogás, como suínos, bovinos, ovinos e aves. Os dados foram organizados por município ou departamento e consolidados para cada região correspondente.

### Estimativas do Potencial de Produção de Biogás e Metano

Para realizar a estimativa do potencial de produção de biogás e metano a partir de dejetos animais, é fundamental considerar a quantidade de excreções geradas por cada espécie animal, bem como o teor de matéria orgânica (MO) presente nessas excreções e a eficiência de conversão desta matéria orgânica em biogás e metano através do processo de digestão anaeróbia.

- Suínos: 2,5 kg de esterco por animal por dia, 20% de MO no esterco y 0,25 m<sup>3</sup> de biogás por kg de MO. (HOLM-NIELSEN; AL SEADI; OLESKOWICZ-POPIEL, 2009)
- Bovinos: 25 kg de esterco por animal por dia, 18% de MO no esterco y 0,20 m<sup>3</sup> de biogás por kg de MO. (ANGELIDAKI; ELLEGAARD; AHRING, 2003)
- Ovinos: 2 kg de esterco por animal por dia, 25% de MO no esterco y 0,22 m<sup>3</sup> de biogás por kg de MO. (MØLLER; SOMMER; AHRING, 2004)
- Aves: 0,1 kg de esterco por ave por dia, 30% de MO no esterco y 0,30 m<sup>3</sup> de biogás por kg de MO. (ZHANG et al., 2007)

O potencial de produção de biogás pode ser estimado aplicando-se a fórmula 1 de Buswell, que estabelece uma relação entre a composição química da matéria orgânica e a quantidade de biogás produzida:

$$\text{Biogás} = \text{MO} \times \text{Conversão Específica} \quad \text{Fórmula (1)}$$

Onde:

- MO é a quantidade de matéria orgânica disponível (em kg).
- Conversão Específica é a quantidade de biogás produzido por kg de matéria orgânica (em m<sup>3</sup>/kg).

Foi considerado um teor médio de 60% de metano para todos os dejetos animais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Descrições do cenário regional

A análise comparativa entre a província de Misiones, na Argentina, e a região oeste do Paraná, no Brasil, revela diferenças e semelhanças significativas. Misiones, com área de 29.801 km<sup>2</sup> e população de 1,28 milhão de habitantes, possui clima subtropical úmido e economia baseada na produção de celulose, erva-mate e fumo, destacando-se a pecuária em seu setor produtivo. Por outro lado, o oeste do Paraná tem uma área de 45 mil km<sup>2</sup> e conta com 1,5 milhão de habitantes, mantendo um clima semelhante ao de Misiones. No entanto, a sua economia está orientada principalmente para a produção de cereais, bem como de porcas e aves, apresentando uma densidade animal notavelmente superior.

### Identificações da quantidade de animais por região

Abaixo segue tabela 1 y tabela 2, detalhando a quantidade de animais considerados para análise, destacando as principais espécies com potencial para geração de biogás:

**Tabela 1. Quantidade de animais em Misiones por departamento.**

**Fonte: Ministerio de Economía. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de La República Argentina.**

| CIUDAD                        | SUINOS | BOVINOS | OVINOS | AVES    |
|-------------------------------|--------|---------|--------|---------|
| Apostoles                     | 1.807  | 36.584  | 1.898  | 1.701   |
| Cainguas                      | 1.741  | 10.003  | 496    | 80.567  |
| Candelaria                    | 2.375  | 14.196  | 4.008  | 1.209   |
| Capital                       | 4.042  | 30.541  | 3.528  | 258     |
| Concepción                    | 734    | 25.938  | 832    | 4.257   |
| Eldorado                      | 819    | 21.394  | 379    | 7.301   |
| General Manuel Belgrano       | 13.129 | 58.803  | 2.500  | 74.915  |
| Guaraní                       | 15.050 | 27.503  | 447    | 160.109 |
| Iguazú                        | 449    | 3.208   | 130    | 8.465   |
| Leandro N. Alem               | 8.909  | 12.609  | 718    | 37.858  |
| Libertador General San Martín | 1.732  | 19.363  | 602    | 15.725  |
| Montecarlo                    | 890    | 31.348  | 381    | 4.325   |
| Oberá                         | 1.472  | 6.292   | 1.081  | 51.060  |
| San Ignacio                   | 546    | 9.351   | 1.018  | 16.755  |
| San Javier                    | 1.368  | 9.891   | 585    | 17.530  |
| San Pedro                     | 3.274  | 18.789  | 757    | 69.499  |
| Veinticinco De Mayo           | 20.254 | 29.617  | 636    | 72.273  |
| TOTALES                       | 78.591 | 365.429 | 19.996 | 623.807 |

Em relação à Região Oeste do Estado do Paraná, a Tabela 2 detalha o número de animais considerados para análise, destacando as principais espécies com potencial para geração de biogás.

**Tabela 2. Quantidade de animais no Estado do Paraná: Território Oeste Integrado.**

**Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal.**

| CIUDAD                   | SUINOS | BOVINOS | OVINOS | AVES     |
|--------------------------|--------|---------|--------|----------|
| Anahy                    | 342    | 4458    | 209    | 792400   |
| Assis Chateaubriand      | 41355  | 7418    | 661    | 8652724  |
| Boa Vista da Aparecida   | 862    | 26907   | 798    | 684105   |
| Braganey                 | 772    | 19667   | 1526   | 486640   |
| Brasilândia do Sul       | 305    | 3342    | 457    | 2189     |
| Cafelândia               | 67823  | 3946    | 1153   | 5785031  |
| Capitão Leônidas Marques | 4731   | 22269   | 1189   | 1699780  |
| Cascavel                 | 143925 | 70464   | 6623   | 9402000  |
| Céu Azul                 | 17731  | 15923   | 1382   | 3999558  |
| Corbélia                 | 15305  | 10099   | 1482   | 4377830  |
| Diamante D'Oeste         | 20834  | 28560   | 1120   | 671530   |
| Entre Rios do Oeste      | 173849 | 4777    | 500    | 534733   |
| Formosa do Oeste         | 39547  | 11014   | 739    | 3556788  |
| Foz Do Iguaçu            | 772679 | 169710  | 19752  | 24680013 |
| Francisco Alves          | 2700   | 15645   | 520    | 1034920  |



|                           |         |        |       |           |
|---------------------------|---------|--------|-------|-----------|
| Guaíra                    | 1700    | 3515   | 850   | 651143    |
| Iguatu                    | 242     | 4458   | 429   | 500000    |
| Iracema do Oeste          | 3238    | 1463   | 83    | 560210    |
| Itaipulândia              | 145000  | 5100   | 1180  | 1351000   |
| Jesuítas                  | 50085   | 10022  | 461   | 3420943   |
| Lindoeste                 | 2410    | 31149  | 919   | 1310000   |
| Marechal Cândido Rondon   | 590000  | 35603  | 2929  | 6081419   |
| Maripá                    | 94270   | 6876   | 1000  | 2710792   |
| Matelândia                | 59200   | 27200  | 2400  | 3900000   |
| Medianeira                | 133000  | 25500  | 3200  | 3200000   |
| Mercedes                  | 56433   | 10488  | 1291  | 2430510   |
| Missal                    | 152000  | 23450  | 1470  | 1900000   |
| Nova Aurora               | 216750  | 9070   | 1435  | 2064075   |
| Nova Santa Rosa           | 216750  | 9070   | 1435  | 2064075   |
| Ouro Verde do Oeste       | 76441   | 19703  | 2200  | 1702022   |
| Palotina                  | 66624   | 7989   | 3610  | 7338424   |
| Pato Bragado              | 108922  | 6837   | 402   | 1637198   |
| Quatro Pontes             | 138355  | 7884   | 650   | 848087    |
| Ramilândia                | 6400    | 24000  | 960   | 510000    |
| Santa Helena              | 341280  | 29360  | 3975  | 8448739   |
| Santa Lúcia               | 710     | 10840  | 810   | 1609000   |
| Santa Tereza do Oeste     | 8459    | 7942   | 789   | 921000    |
| Santa Terezinha de Itaipu | 2720    | 4800   | 1380  | 283000    |
| São José das Palmeiras    | 24844   | 23707  | 1500  | 317629    |
| São Miguel do Iguaçu      | 133000  | 17000  | 2980  | 5550000   |
| São Pedro do Iguaçu       | 67076   | 15961  | 805   | 474400    |
| Serranópolis do Iguaçu    | 107000  | 5650   | 970   | 2240000   |
| Terra Roxa                | 9589    | 14486  | 1610  | 2085186   |
| Toledo                    | 899154  | 38585  | 3250  | 10900000  |
| Tupãssi                   | 32945   | 2564   | 834   | 2130789   |
| Ubiratã                   | 343     | 13938  | 496   | 5300000   |
| Vera Cruz do Oeste        | 14620   | 18307  | 1800  | 1703655   |
| TOTALES                   | 5062320 | 886716 | 86214 | 152503537 |

### Estimativas do Potencial de Produção de Biogás e Metano

Utilizando a metodologia detalhada na seção 2.3, foram realizados cálculos com o objetivo de estimar o potencial de produção de biogás e metano em ambas as regiões. Os dados obtidos nos cálculos realizados estão detalhados na tabela 3.

**Tabela 3. Potencial de produção de biogás e metano em Misiones y Oeste do Paraná**  
**Fonte: Autor do Trabalho.**

|                          | Suínos     | Bovinos    | Ovinos   | Aves         | Total       |
|--------------------------|------------|------------|----------|--------------|-------------|
| Dejetos Misiones(kg/dia) | 196.477,5  | 9.135.737  | 49.990   | 1.559.518    |             |
| MO Misiones(kg/dia)      | 39.295,5   | 1.644.433  | 12.497,5 | 467.855      |             |
| Biogás Misiones (m³/dia) | 9.823,9    | 328.897    | 2.749,5  | 140.357      | 481.816     |
| Metano Misiones (m³/dia) | 5.894,3    | 328.887,1  | 1.649,7  | 84.214       | 420.645     |
| Dejetos Paraná (kg/dia)  | 12.655.800 | 22.167.900 | 86.216   | 15.250.353,7 |             |
| MO Paraná (kg/dia)       | 2.531.160  | 3.990.222  | 21.554   | 4.575.106,1  |             |
| Biogás Paraná (m³/dia)   | 632.790    | 798.044,4  | 4.741,9  | 1.372.531,8  | 2.808.108,1 |
| Metano Paraná (m³/dia)   | 379.674    | 478.826,6  | 2.845,1  | 823.519,1    | 1.684.864,8 |

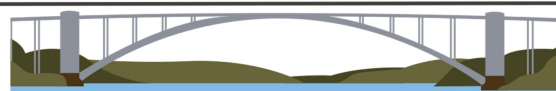
Os resultados indicam que o Oeste do Paraná apresenta um potencial significativamente maior para a produção de biogás e metano em comparação com Misiones. Enquanto Misiones tem um potencial diário de 481.816 m<sup>3</sup> de biogás e 420.645 m<sup>3</sup> de metano, o Oeste do Paraná pode produzir 2.808.108 m<sup>3</sup> de biogás e 1.684.865 m<sup>3</sup> de metano por dia. Essa diferença deve-se principalmente à alta densidade de suínos e aves na região brasileira.

## CONCLUSÕES

A análise comparativa entre Misiones (Argentina) e oeste do Paraná (Brasil) revela diferenças notáveis em sua capacidade de produzir biogás e metano a partir de dejetos animais. O Oeste do Paraná se destaca pela alta densidade de suínos e aves, o que permite gerar mais de 2,8 milhões de m<sup>3</sup> de biogás e cerca de 1,68 milhão de m<sup>3</sup> de metano diariamente, evidenciando uma infraestrutura pecuária eficiente e uma economia agroindustrial intensiva. Por outro lado, Misiones, com estrutura econômica mais variada e menor densidade animal, apresenta potencial mais modesto, atingindo 481.816 m<sup>3</sup> de biogás e 420.645 m<sup>3</sup> de metano por dia. No entanto, isto abre oportunidades para promover o desenvolvimento da bioenergia em menor escala, o que contribuiria para a sustentabilidade energética e diversificaria a sua matriz. Ambos os cenários destacam a viabilidade técnica de transformar resíduos pecuários em energia renovável, estabelecendo as bases adequadas para políticas públicas que promovam a bioenergia e fortaleçam a sustentabilidade energética em contextos regionais e globais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALESSANDRA CRISTINE NOVAK et al. **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. FIEP, SESI, SENAI, IEL, , 2016. Disponível em: [https://www.sistemafiep.org.br/relacoes-internacionais/uploadAddress/Biogas\[73656\].pdf](https://www.sistemafiep.org.br/relacoes-internacionais/uploadAddress/Biogas[73656].pdf)
2. ANGELIDAKI, I.; ELLEGAARD, L.; AHRING, B. K. Applications of the anaerobic digestion process. **Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology**, v. 82, p. 1–33, 2003.
3. DECUNTO, E. V.; CABALLERO, G. L. Proyectos de producción de biogás en la Región Pampeana y su contribución a los desafíos energéticos del Siglo XXI. **Huellas**, v. 26, n. 2, p. 189–206, 23 set. 2022.
4. HOLM-NIELSEN, J. B.; AL SEADI, T.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. **Bioresource Technology**, OECD Workshop: Livestock Waste Treatment Systems of the Future: A Challenge to Environmental Quality, Food Safety, and Sustainability. v. 100, n. 22, p. 5478–5484, 1 nov. 2009.
5. HUARAYA HUAHUALUQUE, M. Y.; SANCHO MOYA, T. C. Estado del arte sobre la producción de biogás mediante la digestión anaerobia como parte del aprovechamiento de la biomasa residual pecuaria. 9 set. 2020.
6. **Informe productivo provincial Año 8 - N° 43 - Abril 2023 ISSN 2525-023X**. Disponível em: <https://www.argentina.gob.ar/pais/provincia-de-misiones>. Acesso em: 24 fev. 2025.
7. MEDINA, J. **Números flacos: caída de 4,5% en el stock ganadero en Misiones. Primera Edición**, 6 out. 2024. Disponível em: <https://www.primeraedicion.com.ar/nota/100927511/numeros-flacos-caida-de-45-en-el-stock-ganadero-en-misiones/>. Acesso em: 25 fev. 2025
8. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. ARGENTINA. **CUARTO INFORME BIENAL DE ACTUALIZACIÓN DE LA REPÚBLICA ARGENTINA A LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO**. , 2021.
9. MØLLER, H. B.; SOMMER, S. G.; AHRING, B. K. Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure. **Biomass and Bioenergy**, v. 26, n. 5, p. 485–495, 1 maio 2004.
10. **Paraná | Cidades e Estados | IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr>. Acesso em: 29 mar. 2025.
11. **Pesquisa da Pecuária Municipal | IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>. Acesso em: 28 fev. 2025.
12. **Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca**. Disponível em: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/biogas/>. Acesso em: 31 mar. 2025.



13. VIEIRA, H. G.; POLLI, H. Q. O BIOGÁS COMO FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 388–400, 4 ago. 2020.
14. ZHANG, R. et al. Characterization of food waste as feedstock for anaerobic digestion. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 4, p. 929–935, 1 mar. 2007.