

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
DIEGO SATOSHI DAHMER

ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTOR NA SUINOCULTURA
PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CASCADEL
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
DIEGO SATOSHI DAHMER

**ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTOR NA SUINOCULTURA
PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica do Centro
Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

Orientador: Prof. Me. Gilson Debastiani

CASCADEL
2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
DIEGO SATOSHI DAHMER

ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE BIODIGESTOR NA SUINOCULTURA
PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, sob orientação do Professor Gilson Debastiani.

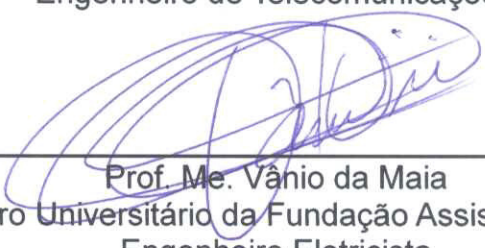
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Me. Gilson Debastiani
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz
Físico



Prof. Me. Helder José Costa Carozzi
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro de Telecomunicações



Prof. Me. Vânio da Maia
Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Eletricista

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador professor Mestre Gilson Debastiani, pela confiança, compartilhamento de conhecimentos e principalmente por me apoiar nos momentos de dificuldade para poder realizar este trabalho.

Ao professor Ewerson Luiz Poisk, por compartilhar conhecimentos técnicos e também, sugerir ideais para o desenvolvimento deste trabalho.

Também agradeço a Ana Flavia Alves dos Reis, que me acompanhou durante todo o trajeto do desenvolvimento deste trabalho, me apoiando, dando ideias e opiniões.

Aos meus professores, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, Campus de Cascavel, devo meus sinceros agradecimentos, pois sem eles não poderia crescer profissionalmente como Engenheiro Eletricista, através dos ensinamentos, compartilhamentos de conhecimentos, cobranças e dedicação para que nós alunos pudéssemos aprender o máximo possível.

Agradeço também aos amigos que me acompanharam durante toda a graduação.

Finalmente, agradeço a todas aquelas pessoas que tiveram alguma influência, direta ou indiretamente, para que eu pudesse realizar e concluir este trabalho com êxito.

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

Antoine Lavoisier

RESUMO

No decorrer dos anos, a energia elétrica, gerada por fontes renováveis, vem se tornando cada vez mais visada, sendo de extrema importância para a sustentabilidade ambiental e de grande atratividade econômica. Existe uma grande necessidade no investimento de novas tecnologias de geração de energia elétrica, sendo que essa necessidade se reflete devido à alguns pontos importantes como, o crescimento excessivo da demanda de energia elétrica, a necessidade de diminuir a emissão dos gases poluentes na atmosfera (que colaboram com o aquecimento global), os custos elevados das fontes não renováveis, a necessidade de diversificação da matriz energética brasileira, que em sua maior parte vem da fonte hídrica. Baseado nestes pontos, este trabalho tem como principal objetivo, analisar a viabilidade, tanto técnica, quanto econômica, da geração de energia elétrica através do biogás, onde são produzidos no interior do biodigestor, que é implantado na suinocultura, e que além de ser uma maneira correta para destinação dos dejetos dos animais, ajuda a preservar o meio ambiente, pois a exposição do gás metano (CH_4), gerado por esses dejetos, é mais prejudicial que o gás carbônico (CO_2), um dos principais causadores do efeito estufa. Também oportuniza os produtores rurais a se tornarem autossuficientes, podendo suprir as energias consumidas em suas atividades rurais. Caso haja excedência de energia, existe a possibilidade de injetar esta energia, gerada na rede da concessionária, e gerar créditos para usos futuros. A metodologia abordada nesse trabalho é de coleta de dados e informações de uma propriedade rural situada no município de Pato Bragado, região Oeste do Estado do Paraná. Os dados foram coletados através de um controlador de sincronismo do gerador com a rede da concessionária, onde foi realizada a verificação da quantidade de energia produzida pelo gerador instalado na propriedade, que foi aproximadamente 21.260 kWh mensal, com a geração diária média de 58,73 kWh, com 12 horas de operação. Através destas informações, foi possível realizar os cálculos de viabilidade econômica, onde o *payback* simples será cerca de 2 anos e 7 meses e o *payback* descontado será aproximadamente de 3 anos. Sendo assim, mesmo que a geração de energia não esteja de acordo com a capacidade total dos equipamentos instalados na propriedade, foi possível comprovar a viabilidade da implantação de geração de energia elétrica através da utilização do biogás.

Palavras-chave: Energia Elétrica. Biogás. Biodigestor. Sustentabilidade. Viabilidade Técnica e Econômica.

ABSTRACT

In the course of the years the electric energy generated by renewable sources is becoming increasingly targeted, being of extreme importance for environmental sustainability and great economic attractiveness. There is a great need in the investment of new technologies of electric power generation, and this need is reflected due to some important points, such as the excessive growth of electric energy demand, the need to reduce the emission of the gaseous gases in the atmosphere contribute to global warming, the high costs of nonrenewable sources, the need for diversification of the Brazilian energy matrix, which mostly comes from the water source. Based on these points, this work has as main objective to analyze the viability, both technical and economic, of the generation of electric energy through the biogas, where they are produced inside the biodigester that is implanted in the swine industry, which besides being a correct way to disposal of animal waste helps to preserve the environment, since the exposure of methane gas (CH_4) generated by these wastes is more harmful than carbon dioxide (CO_2), a major cause of the greenhouse effect. It also enables rural producers to become self-sufficient and can supply the energy consumed in their rural activities. If there is an excess of energy, it is possible to inject this energy generated in the network of the concessionaire and generate credits for future uses. The methodology used in this work is to collect data and information from a rural property located in the municipality of Pato Bragado, western region of the state of Paraná. The data were collected through a generator synchronization controller with the utility network, where the amount of energy produced by the generator installed in the property was verified, which was approximately 21,260 kWh per month, with a daily average generation of 58.73 kWh with 12 hours of operation. Through this information it was possible to carry out economic feasibility calculations, where the simple payback will be about 2 years and 7 months and the payback discounted will be approximately 3 years. Therefore, even if the generation of energy is not in accordance with the total capacity of the equipments installed in the property, it was possible to prove the viability of the implantation of electricity generation through the use of biogas.

Keywords: Electric Power. Biogas. Biodigester. Sustainability. Technical and Economic Viability.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1: Valor Presente Líquido (VPL).....	40
Equação 2.2: Taxa Interna de Retorno (TIR)	40
Equação 2.3: <i>Payback</i>	40
Equação 3.1: Volume do Biodigestor	43
Equação 4.1: Produção Diária de Biogás.....	46
Equação 4.2: Energia Produzida por Dia	47
Equação 4.3: Energia Mensal Produzida	47

LISTAS DE FIGURAS

Figura 2.1: Potencial de geração de energia elétrica no Brasil.	19
Figura 2.2: Consumo de energia elétrica no Brasil por região.....	21
Figura 2.3: Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo indiano.....	26
Figura 2.4: Vista tridimensional, em corte, do biodigestor modelo indiano.....	26
Figura 2.5: Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo chinês.	28
Figura 2.6: Vista tridimensional, em corte, do biodigestor modelo chinês.	28
Figura 2.7: Representação do biodigestor modelo marinha brasileira.	30
Figura 2.8: Biodigestor instalado com revestimento de lona PVC.....	30
Figura 2.9: Esquema representativo de aplicações do biogás.	32
Figura 2.10: Representação gráfica da divisão do valor da tarifa.....	38
Figura 3.1: Representação da vista aérea do local de estudo.....	42
Figura 3.2: Conjunto motor-gerador.	44
Figura 3.3: Quadro de comando para proteção e sincronização do motor.....	45

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1: Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil e no Mundo (% e tep).	17
Tabela 2.2: Oferta Interna de Energia Elétrica.....	18
Tabela 2.3: Potencial de geração de energia elétrica no Brasil.	19
Tabela 2.4: Consumo de energia elétrica no Brasil.	20
Tabela 2.5: Produção de biogás a partir dos dejetos pecuários.	23
Tabela 2.6: Representação da composição do biogás.	31
Tabela 2.7: Representação comparativo de biogás com outras fontes.	32
Tabela 2.8: Produção diária de dejetos de acordo com o tipo de criações suínas. ..	35
Tabela 2.9: Tarifa de energia elétrica da Copel.	39
Tabela 3.1: Produção de biogás por dejetos suínos.....	44
Tabela 4.1: Análise da economia e <i>payback</i>	51

LISTAS DE ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
COPEL	Companhia Paranaense de Energia S.A.
RN	Resolução Normativa
CH₄	Metano
CO₂	Dióxido de carbono
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OIEE	Oferta Interna de Energia Elétrica
TRH	Tempo de Retenção Hidráulica
Mtep	Mega Tonelada Equivalente de Petróleo
TWh	terawatt.hora
GWh	gigawatt.hora
kWh	quilowatt.hora
MW	megawatt
kW	quilowatt
kV	quilovolt
kg	quilograma
°C	grau Celsius
m³	metro cúbico
ℓ	litro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1. MATRIZ ENERGÉTICA.....	16
2.1.1. Matriz energética mundial	16
2.1.2. Matriz energética brasileira	17
2.1.3. Consumo de energia elétrica no Brasil.....	20
2.2. ENERGIA RENOVÁVEL	21
2.3. BIOMASSA.....	22
2.4. BIOGÁS.....	23
2.4.1. História do biogás.....	23
2.4.2. Biodigestores.....	24
2.4.3. Conceito e utilização do biogás.....	31
2.4.4. Tempo de retenção hidráulica	33
2.4.5. Biofertilizante	33
2.5. CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE DEJETOS ANIMAIS	35
2.6. CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOGÁS PARA ENERGIA ELÉTRICA	35
2.7. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	36
2.8. TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA	37
2.9. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	39
3. MATERIAIS E MÉTODOS	42
3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA PROPRIEDADE.....	42
3.2. DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR.....	43
3.3. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS	43
3.4. EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA PROPRIEDADE	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1. MEMORIAL DE CÁLCULO PARA O BIODIGESTOR	46

4.2. DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS	46
4.3. DETERMINAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA	47
4.4. MEMÓRIA DE ARMAZENAMENTO DO CONTROLADOR	48
4.5. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	49
5. CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	53
ANEXOS	57
Anexo A: Memória de armazenamento de geração de energia elétrica do mês de Outubro/2018	57

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica obtida durante todo o século XX era gerada, principalmente, através das fontes de origem fóssil, que eram consideradas inesgotáveis, como petróleo e carvão mineral, o que deu suporte para o desenvolvimento econômico mundial. Porém, devido a ação humana, que vem realizando o processo de combustão dos recursos fósseis para produção de calor, energia elétrica e vapor, que provocam o aquecimento global, devido a emissões dos gases que causam o efeito estufa, se vem pensando em formas de substituir as fontes de energia tradicionais por recursos menos agressivos ao meio ambiente (ANEEL, 2008).

A utilização das tecnologias para geração de energia através de fontes renováveis, estão sendo atrativas, atualmente, não apenas por vantagens ambientais, mas também, sociais e econômicas, fundamentais para o desenvolvimento sustentável, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento (COLDEBELLA, 2006).

A utilização de fontes renováveis na geração de energia elétrica já apresenta participação expressiva em alguns países, como é o caso do Brasil, onde este segmento contribui com um percentual de geração de 81,7 %. Este índice é superior aos apresentados pelos demais países estudados, onde esta participação é de apenas 21,2%. No Brasil, as hidrelétricas produziram em 2016, o correspondente a 68,1% da energia elétrica brasileira, seguidos pelo gás natural com 9,1% e a biomassa com 8,2% (BEN, 2017). No entanto, cabe destacar que o Brasil possui elevado potencial para desenvolver, também, outras fontes renováveis, como seria o caso da energia solar, eólica e a biomassa.

De acordo com a ANEEL (2008), a biomassa possui suas derivações como o etanol, biodiesel, carvão vegetal, biogás, entre outros. Para obter estes recursos, tudo depende da matéria-prima utilizada e a tecnologia de processamento para obtenção dos recursos energéticos.

Para Sganzerla (1983), a biomassa utilizada para produção de biogás é qualquer tipo de material, com propriedade de se decompor por efeito biológico através de ações de diversas bactérias, e é uma das fontes que possui um crescimento potencial na produção de energia elétrica, nos próximos anos no Brasil.

O biogás é constituído por uma mistura de diversos tipos de gases, que variam sua porcentagem de acordo com as características dos resíduos e as condições de tratamento. Em sua composição é possível encontrar alguns gases como sulfeto de hidrogênio (H_2S), nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2) e monóxido de carbono (CO), mas o gás metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) são os predominantes e principais causadores do efeito estufa. Para evitar a exposição destes gases ao meio ambiente, uma das alternativas seria a utilização de biodigestores, que tem a função de realizar o tratamento correto dos dejetos dos animais e armazenar estes gases para utilização na geração de energia elétrica (PRATI, 2010).

Neste contexto, com o presente estudo, pretende-se adequar o manejo e adotar uma correta destinação dos resíduos da suinocultura, transformando esse imenso passivo ambiental em um importante ativo energético.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. MATRIZ ENERGÉTICA

A matriz energética significa toda energia que é disponibilizada para ser transformada, distribuída e consumida, a fim de sustentar o desenvolvimento econômico da sociedade do país. Existe diversos tipos de fontes de energia que podem ser, tanto renováveis como não renováveis (ANEEL, 2017).

2.1.1. Matriz energética mundial

As principais fontes para geração de energia elétrica no mundo são o carvão, gás natural e o petróleo. Esses insumos têm apresentado um grande crescimento no consumo, devido ao desempenho das economias emergentes, principalmente nos países como a China e a Índia (CNI, 2007).

Nos últimos 43 anos, as matrizes energéticas, no Brasil e em outros países, apresentam significativas alterações estruturais. No Brasil, houve um aumento na energia hidráulica, da bioenergia líquida e do gás natural. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) obteve um desenvolvimento da energia nuclear e do gás natural. Nos outros países restantes, foram o carvão e o gás natural. A tabela 2.1 representa a oferta no Brasil e no mundo (MME, 2017).

Tabela 2.1: Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil e no Mundo (% e tep).

Fonte	Brasil		OCDE		Outros		Mundo	
	1973	2016	1973	2016	1973	2016	1973	2016
Derivados de Petróleo	45,6	36,5	52,6	35,6	29,9	25,5	46,1	31,5
Gás Natural	0,4	12,3	18,9	25,6	12,9	21,2	16	22,1
Carvão Mineral	3,2	5,5	22,6	18,9	31,1	34,3	24,6	27
Urânio	0	1,5	1,3	9,9	0,2	2	0,9	4,9
Hidro	6,1	12,6	2,1	2,3	1,2	2,5	1,8	2,6
Outras não Renováveis	0	0,7	0	0,5	0	0,1	0	0,3
Outras Renováveis	44,8	30,9	2,5	7,1	24,7	14,5	10,6	11,7
Biomassa Sólida	44,3	23,8	2,4	4,2	24,7	13,1	10,5	9,6
Biomassa Líquida	0,5	6,1	0	0,94	0	0,13	0	0,55
Eólica	0	1	0	0,86	0	0,31	0	0,52
Solar	0	0,0008	0	0,46	0	0,41	0	0,41
Geotérmica	0	0	0,16	0,64	0	0,48	0,1	0,52
Total (%)	100	100	100	100	100	100	100	100
Dos quais renováveis	50,8	43,5	4,6	9,5	26	16,9	12,5	14,2
Total – Mtep	82,2	288,3	3741	5205	2105	8056	6109	13926
% do mundo	1,3	2,1	61,2	37,4	34,5	57,9		

Fonte: Adaptado de (MME, 2017).

Percebe-se que, com os dados de 2016, todas as nações estudadas estão reduzindo a dependência do petróleo em relação ao ano de 1976. Isto reflete o esforço de substituição deste produto devido ao elevado custo, que vem constantemente aumentando, e a preocupação com o esgotamento do mesmo (MME, 2017).

2.1.2. Matriz energética brasileira

O Brasil é o país que possui a maior participação de energias renováveis em sua matriz energética, em comparação a outros países industrializados, com 45,3% de produção através de recursos hídricos, biomassa e etanol, além das energias eólica e solar. As usinas hidrelétricas são responsáveis pela geração de mais de 75% de eletricidade do país. (ANEEL, 2017).

Em 2016, a Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) alcançou um total de 619,7 TWh. Deve-se destacar que a fonte eólica teve o aumento de 54,9%, a solar de 44,7%, as ofertas como o petróleo, gás natural e carvão mineral teve uma regressão de 52,8%, 28,9% e 9,8% respectivamente (MME, 2017).

A tabela 2.2 representa os dados comparativos do ano de 2015 com o ano de 2016, em relação oferta interna de energia elétrica do Brasil.

Tabela 2.2: Oferta Interna de Energia Elétrica.

ESPECIFICAÇÕES	GWh		16/15%	ESTRUTURA (%)	
	2015	2016		2015	2016
HIDRÁULICA	359.743	380.911	5,9	58,4	61,5
BAGAÇO DE CANA	34.163	35.236	3,1	5,5	5,7
EÓLICA	21.626	33.489	54,9	3,5	5,4
SOLAR	59	85	44,7	0,010	0,014
OUTRAS RENOVÁVEIS	15.074	15.805	4,8	2,4	2,6
ÓLEO	25.657	12.103	-52,8	4,2	2,0
GÁS NATURAL	79.490	56.485	-28,9	12,9	9,1
CARVÃO	18.856	17.001	-9,8	3,1	2,7
NUCLEAR	14.734	15.864	7,7	2,4	2,6
OUTRAS NÃO RENOVÁVEIS	11.826	11.920	0,8	1,9	1,9
IMPORTAÇÃO	34.422	40.795	18,5	5,6	6,6
TOTAL	615.650	619.693	0,7	100,0	100,0
Dos quais renováveis	465.087	506.320	8,9	75,5	81,7

Fonte: Adaptado de Ministério de Minas de Energia (2017).

O Brasil apresenta uma matriz elétrica, predominantemente de fontes renováveis, que representou 81,7% da oferta interna de eletricidade do país no ano de 2016 (MME,2017).

Segundo os dados levantados no ano de 2018 pelo Banco de Informação de Geração (BIG), o Brasil possui uma potência de 160,8 GW instalada com 7.146 empreendimentos em operação. Acredita-se que nos próximos anos acrescentará aproximadamente, 581 empreendimentos, o qual aumentará 20,2 GW em sua capacidade de produção (ANEEL, 2018.a).

A tabela 2.3 representa o potencial de geração de energia elétrica outorgada e fiscalizada no Brasil.

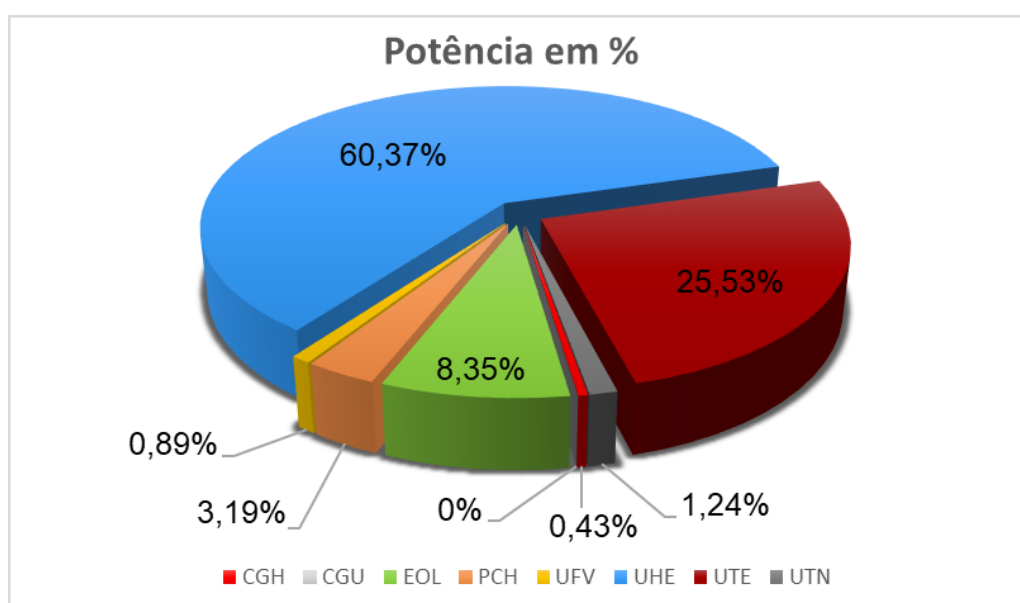
Tabela 2.3: Potencial de geração de energia elétrica no Brasil.

Empreendimentos em Operação					
Tipo	Siglas	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	CGH	694	694.662	693.664	0,43
Central Geradora Undi-Elétrica	CGU	1	50	50	0
Central Geradora Eólica	EOL	546	13.450.139	13.427.343	8,35
Pequena Central Hidrelétrica	PCH	427	5.178.959	5.130.531	3,19
Central Geradora Solar Fotovoltaica	UFV	2.258	1.433.573	1.426.773	0,89
Usina Hidrelétrica	UHE	218	101.892.288	97.075.157	60,37
Usina Termelétrica	UTE	3.000	42.632.263	41.060.619	25,53
Usina Termonuclear	UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,24
Total		7.146	167.271.934	160.804.137	100

Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2018.a).

Percebe-se que através dos dados levantados pelo Banco de Informação de Geração, o Brasil possui uma potência instalada e fiscalizada de 160.804.137 kW, distribuídos em 7.146 diferentes empreendimentos em operação (ANEEL, 2018.a).

A figura 2.1 representa a porcentagem do potencial de geração de energia elétrica no Brasil.

Figura 2.1: Potencial de geração de energia elétrica no Brasil.

Fonte: Adaptado de (ANEEL, 2018.a).

Percebe-se que a geração de energia elétrica, através de usinas hidrelétricas, tem um destaque correspondente a 60,37% da OIEE (ANEEL, 2018.a).

2.1.3. Consumo de energia elétrica no Brasil

O consumo de energia elétrica está ligado diretamente com nível de desenvolvimento da economia e qualidade de vida da sociedade. Este consumo representa a capacidade que a população possui, de adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, que é um reflexo do desenvolvimento dos setores comerciais, industriais e de serviço, setores estes que foram um dos principais fatores para o crescimento no consumo mundial de energia nos últimos anos (ANEEL, 2008).

Segundo os dados obtidos pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), o consumo de energia elétrica aumentou cerca de 3.682 GWh, equivalente a 0,8%, em 2017, em relação ao ano de 2016 (EPE, 2017).

A tabela 2.4 mostra a relação de crescimento do ano de 2016 para 2017.

Tabela 2.4: Consumo de energia elétrica no Brasil.

	2017	2016	Δ (GWh)	% Cresc. (17/16)	% Part. (Δ)
Total	462.131	458.449	3.682	0,8%	100%
Residencial	132.468	131.408	1.060	0,8%	29%
Industrial	166.815	165	1.843	1,1%	50%
Comercial	87.623	87.363	260	0,3%	7%
Outros	75.225	74.707	518	0,7%	14%

Fonte: Adaptado de (EPE, 2017).

Devido as atividades econômicas e a disponibilidade da oferta de eletricidade, a distribuição e consumo de energia elétrica no Brasil é bastante diversificado entre suas regiões, pois cada estado brasileiro tem variações no setor industrial, agronegócio, comércio entre outras atividades. A figura 2.2 representa o consumo de energia elétrica do ano de 2017 por região do Brasil (EPE, 2017).

Figura 2.2: Consumo de energia elétrica no Brasil por região.



Fonte: Adaptado de (EPE, 2017).

No Brasil, a grande parte da demanda de energia elétrica é consumida pela região Sudeste, com 231.529 GWh e a região que menos consome é a região Norte, com 34.504 GWh (EPE, 2017).

2.2. ENERGIA RENOVÁVEL

Devido a necessidade de reduzir os impactos ambientais e sociais, causados pelo uso intensivo de fontes fósseis, a humanidade vem investindo, a partir do século XXI, no uso prioritário de fontes renováveis de energia (SANTOS; SIQUEIRA, 2012).

Segundo as definições feitas por Pinto (2014), as fontes de energia renováveis, conhecidas como fontes alternativas, são fontes naturais de energia consideradas inesgotáveis, pois estão em constante regeneração. Sendo assim, podem ser utilizadas para geração de energia elétrica de maneira sustentável, evitando a poluição do meio ambiente. A utilização da energia potencial da água nas hidrelétricas, o uso da força do vento para girar os aerogeradores, a utilização da radiação solar em painéis fotovoltaicos, a decomposição de resíduos orgânicos para produção de biogás, entre outros meios de utilização, é considerada como fontes renováveis.

As fontes renováveis terão uma participação muito importante e cada vez mais relevante na matriz energética mundial (TOLMASQUIM, 2003).

2.3. BIOMASSA

A ANEEL (2008) define a biomassa como uma fonte renovável, constituída por qualquer matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que possa ser convertida em energia elétrica, mecânica ou térmica. Para Nogueira e Lora (2003) a biomassa não polui o meio ambiente, pois durante a queima dos materiais, para geração de energia, o gás carbônico liberado é absorvido pelas plantas, este processo é conhecido como fotossíntese.

Segundo McKendry (2002) *apud* Vieira (2012) nos últimos 10 anos, a biomassa vem se desenvolvendo devido a três motivos específicos. A primeira razão foi o desenvolvimento da tecnologia, que consegue aproveitar melhor a conversão da biomassa, com menos custos e maior eficiência em sua conversão. O segundo motivo, foi devido ao crescimento no setor agrícola e, principalmente, no agropecuário, que está produzindo cada vez mais alimentos para sociedade, o que leva ao aumento nos dejetos animais que, caso não seja tratado de maneira correta, acaba prejudicando o meio ambiente. A terceira causa foi, justamente as mudanças climáticas, devido aos elevados níveis de emissões de gases causadores de efeito estufa, que vem estimulando fortemente o uso de energias renováveis.

A energia adquirida pela biomassa pode ter diversas utilidades como combustível líquido, sólidos e gasosos, através dos processos de conversões biológicas, físicas e químicas. Estas conversões tem o princípio de transformar um material carbonáceo de baixa eficiência energética em um com mais eficiência economicamente viável (MARTINI, 2009).

Para Eckert *et al.* (2013), a biomassa deve ser usada na geração de energia através do biogás, que é obtido pelos resíduos da pecuária como o esterco de gado bovino, suíno, caprino, entre outros animais, devido ao seu grande potencial energético.

A tabela 2.5 representa a capacidade de produção de biogás, com respectivos resíduos pecuários das propriedades rurais.

Tabela 2.5: Produção de biogás a partir dos dejetos pecuários.

Espécie pecuária	Unidade referência	Produção específica de biogás (m³/kg)	Produção diária (m³/animal/dia)
Suínos	Porca reprodutora em ciclo fechado	0,45	0,866
	Porca reprodutora em criação de leitões	0,45	0,933
	Porco em exploração de engorda	0,45	0,799
Bovinos	Vaca leiteira com 600 kg de peso	0,28	0,980
	Bezerro até 150 kg de peso	0,28	0,294
	Bovino engorda entre 120 a 520 kg de peso	0,28	0,292
Galináceos	Galinha poedeira de ovos (2 kg)	0,46 - 0,77	0,010 - 0,017
	Frango engorda (até 1,5 kg)	0,13 - 0,26	0,001 - 0,002
Equídeos	Cavalo adulto com 400 a 500 kg de peso	0,28	1,225

Fonte: Adaptado de Santos (2000).

Segundo Coldebella (2006), os dejetos ideais para utilização na produção de biogás são de suínos, pois apresentam um elevado rendimento em relação aos outros animais.

2.4. BIOGÁS

2.1.4. História do biogás

Existem diversos ambientes favoráveis na natureza para o desenvolvimento da digestão anaeróbica, que são representados pelos estuários, lagos, mares, pântanos, jazidas petrolíferas e usinas de carvão. Esses sistemas anaeróbios contêm concentrações baixas de oxigênio, favorecendo o processo de geração do biogás. Após diversas análises realizadas referente a combustão natural desse gás na superfície, o ser humano teve ciência da possibilidade de produzir gás combustível através dos resíduos orgânicos (GRYSCHK; BELO, 1983).

Casseb (1996) afirma que a digestão anaeróbica da matéria orgânica existia antes mesmo do surgimento do ser humano. Em 1776, um químico italiano chamado

Alessandro Volta descobriu que o gás presente nos pântanos era o metano (CH_4), conhecido na época, como gás dos pântanos, que era gerado através da decomposição de restos vegetais.

No século XIX, Ulysse Gayon, que foi aluno do cientista francês Louis Pasteur, executou a fermentação anaeróbica de uma mistura de estrume e água, a 35 °C, que obteve um resultado de 100 litros de gás por metro cúbico de matéria. Em 1884, após Louis apresentar o trabalho de seu aluno para Academia das Ciências, o cientista teve a conclusão de que essa fermentação poderia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação (NOGUEIRA, 1986).

Segundo Nogueira (1986), os primeiros processos de biodigestão, utilizados de forma intensa e com finalidade energética, ocorreram entre as décadas de 50 a 60 na China e na Índia, que desenvolveram seus próprios modelos de biodigestores, assim como outros países, em sua maioria, de terceiro mundo.

A partir de 1960, o processo referente a digestão anaeróbia e biodigestores ganhou importância e passou a ser mais estudado. A China e a Índia são os países que dominam as melhores tecnologias de utilização dos biodigestores, levando em consideração dois motivos importantes: a China aproveita o biofertilizante para auxiliar na produção de alimentos, devido a sua excedente população; a Índia necessita dos biodigestores para suprir sua demanda energética. Devido a isto, foram desenvolvidos dois modelos diferentes de biodigestor, o modelo chinês, que é mais econômico e o modelo indiano, que é mais sofisticado e técnico, tendo um aproveitamento melhor na produção do biogás (COLDEBELLA, 2006).

2.1.5. Biodigestores

Os biodigestores são reatores biológicos que armazenam resíduos orgânicos para realizar tratamentos, para que as bactérias metanogênicas atuem na ausência do oxigênio sobre a biomassa para a produção do biogás, que pode ser utilizado para geração de energia e biofertilizante, onde é utilizado para substituir o adubo químico nas lavouras e suprir a demanda energética (MACEDO, 2013).

Para Moraes (1980), no tanque de entrada ou lagoa de sedimentação do biodigestor, os dejetos passam por uma pré-fermentação aeróbia. Nesse processo, a

grande parte do oxigênio dissolvido na mistura é consumido pelas bactérias aeróbias, o qual se desenvolvem posteriormente em bactérias anaeróbias. Após isto, os estrumes são introduzidos pelo tubo de carga, onde é encaminhado para o interior do digestor, onde passará pelo processo de digestão anaeróbia, que realiza a produção do biogás.

Segundo Sganzerla (1983), existem diversos projetos para construção de biodigestores que são compostos por duas partes: o tanque digestor, onde armazena a biomassa e o gasômetro ou campânula, onde o biogás fica armazenado. O biodigestor possui dois tipos de sistemas: o contínuo e o intermitente. O biodigestor contínuo é o mais utilizado, pois se adapta com a maioria da biomassa, recebendo cargas diárias ou periódicas, e tem a função de descarregar o biofertilizante automaticamente. Já o sistema intermitente é utilizado para realizar a decomposição lentamente, recebendo a carga até terminar o processo de biodigestão, e somente é recarregado após o esvaziamento total.

Oliveira e Higashishi (2006) afirmam que é importante entender os princípios de operação dos biodigestores para escolher qual sistema de biodigestor será o mais adequado para realizar o tratamento dos resíduos, para produção do biogás.

O biodigestor mais utilizado no Brasil é de sistema contínuo, cujos modelos mais conhecidos são o chinês, indiano e marinha brasileira (COLDEBELLA, 2006).

2.1.5.1. Biodigestor modelo indiano

O biodigestor, modelo indiano, possui uma campânula flutuante, que tem a função de um gasômetro, a qual pode estar inserida sobre a biomassa em fermentação ou em um selo d'água externo, e uma parede central que tem a função de dividir o tanque de fermentação em duas partes, fazendo com que o material circule de maneira homogênea no interior do biodigestor (JUNQUEIRA, 2014).

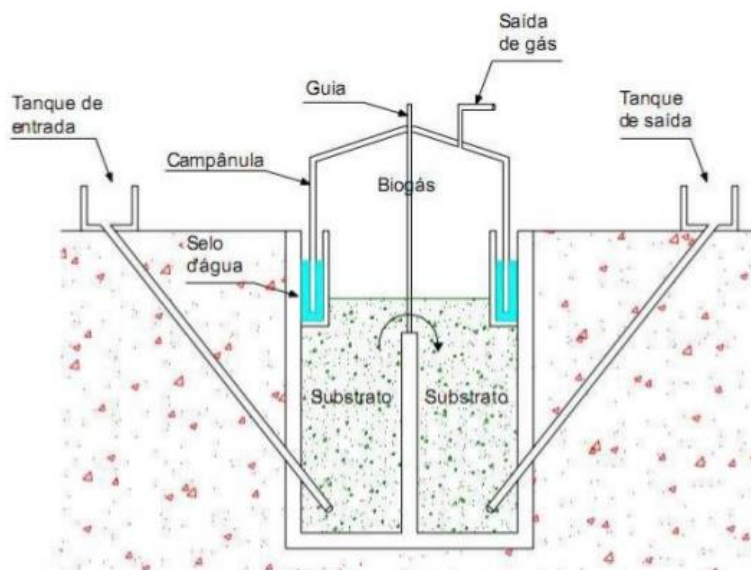
Para Deganutti *et al.* (2002), este modelo possui pressão de operação constante. Caso o gás produzido não for consumido, o gasômetro desloca-se verticalmente, aumentando a quantidade de gás no seu interior e mantendo a mesma pressão.

É necessário que o dejetos utilizado para alimentar este tipo de biodigestor contenha uma concentração de sólidos totais que não seja superior a 8%, facilitando a

circulação dos resíduos no interior da câmara de fermentação e evitando que ocorra entupimentos nos dutos, tanto de entrada quanto de saída. (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

A figura 2.3 mostra o biodigestor, modelo indiano, de vista frontal, em corte, que enfatiza os elementos principais para sua construção.

Figura 2.3: Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo indiano.



Fonte: Adaptado de Araújo (2017).

A figura 2.4 é a representação tridimensional, em corte, do biodigestor modelo indiano.

Figura 2.4: Vista tridimensional, em corte, do biodigestor modelo indiano.



Fonte: Adaptado de Deganutti *et al.* (2002).

Segundo Prati (2010), este tipo de biodigestor é de fácil construção, porém o que pode elevar o custo final da obra é o gasômetro de metal e a distância da propriedade onde são coletados os resíduos, que pode encarecer o custo para transportá-los até o biodigestor, inviabilizando o projeto de implantação do biodigestor tipo indiano.

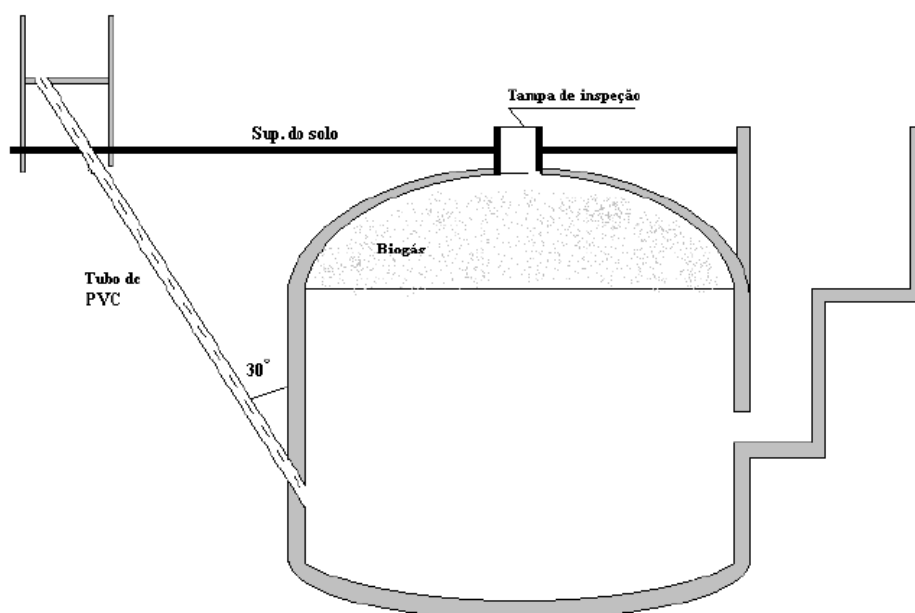
2.1.5.2. Biodigestor modelo chinês

O biodigestor modelo chinês é formado por uma câmara cilíndrica para a fermentação, construída de alvenaria ou concreto, com o teto impermeável, em formato abobadado, onde armazena o biogás produzido. Este modelo não utiliza o gasômetro feito de chapa de aço que, apesar de reduzir os custos da construção, pode acarretar no vazamento de gás, caso a estrutura construída não seja bem vedada. Este biodigestor, praticamente funciona como uma prensa hidráulica, devido ao acúmulo do biogás produzido, a pressão no seu interior aumenta, fazendo com que os dejetos em fermentações se desloquem para a caixa de saída, e quando ocorre a descompressão dos efluentes, retornam para o interior do biodigestor (GASPAR, 2003).

Segundo Deganutti *et al.* (2002), o biodigestor modelo chinês possui algumas semelhanças ao modelo indiano, o fornecimento de dejetos deve ser de modo contínuo, com a concentração de sólidos totais aproximadamente de 8%, afim de evitar entupimentos do sistema de entrada e saída e facilitando a circulação do material no seu interior.

A figura 2.5 mostra o biodigestor modelo chinês, de vista frontal, em corte, que demonstra os elementos principais para sua construção. A figura 2.6 é a representação tridimensional, em corte, que apresenta o interior do biodigestor.

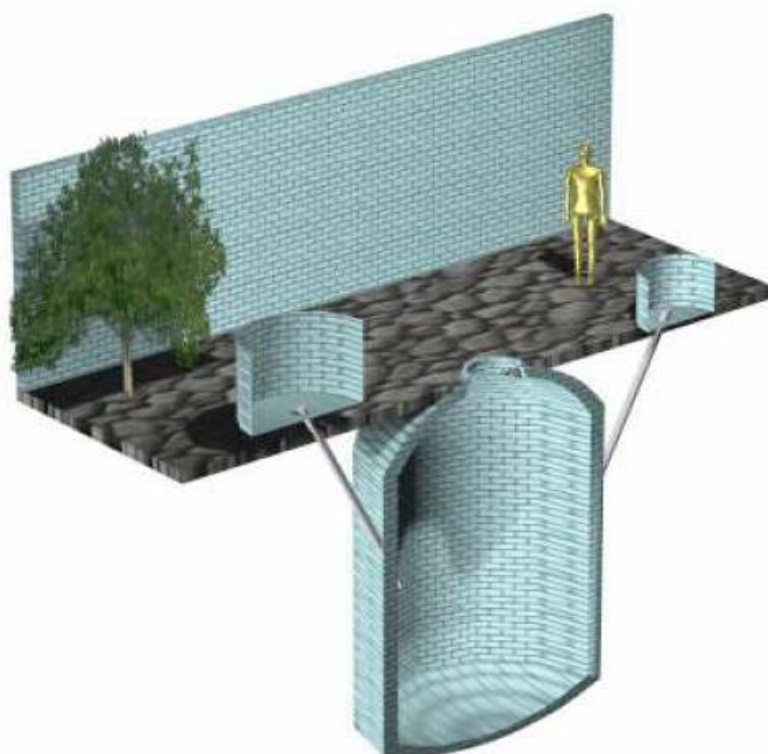
Figura 2.5: Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo chinês.



Fonte: Adaptado de Deganutti *et al.* (2002).

A figura 2.6 é a representação tridimensional, em corte, que apresenta o interior do biodigestor modelo chinês.

Figura 2.6: Vista tridimensional, em corte, do biodigestor modelo chinês.



Fonte: Adaptado de Deganutti *et al.* (2002).

Gaspar (2003) ressalta que este modelo de biodigestor pode ser construído acima do nível do terreno, desde que não dificulte o abastecimento. Desta maneira, necessita analisar todas as medidas de profundidade e diâmetro, para que o projeto não seja inviável.

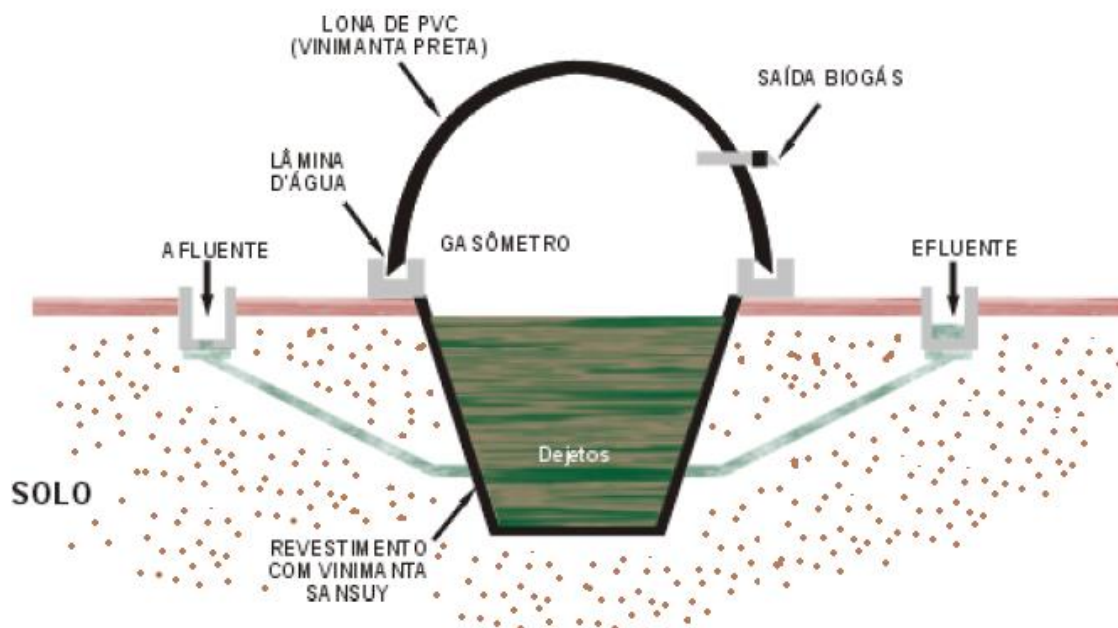
2.1.5.3. Biodigestor marinha brasileira

O biodigestor modelo marinha brasileira, também conhecido como modelo canadense, é um biodigestor horizontal, onde sua base e paredes são construídas de alvenaria e forradas por uma lona impermeável. Este modelo possui uma base quadrangular, uma profundidade rasa e de longo comprimento, o que garante uma produtividade maior de biogás (SOUZA *et al.*, 1995).

Este tipo de biodigestor é bastante utilizado em projetos industriais e agroindustriais, devido a sua flexibilidade, para a utilização de diversos tipos de resíduos orgânicos, com uma grande capacidade de produção de biogás, o que pode abater na conta de energia elétrica e também utilizar o biofertilizante nas lavouras, evitando agentes químicos (OLIVEIRA; HIGARASHI, 2006).

Para Oliveira e Higarashi (2006), a Marinha do Brasil realizou algumas alterações no reservatório como a remoção da parede divisória, simplificando sua construção, como mostra a figura 2.7. É recomendada a construção deste biodigestor abaixo do nível do solo, afim de evitar bruscas variações de temperatura e aproveitando o calor da terra e pelo calor exposta ao sol, pois 90% do aquecimento do biodigestor é obtido através de raios solares, que aumenta a concentração do gás metano no biogás gerado.

Figura 2.7: Representação do biodigestor modelo marinha brasileira.



Fonte: Adaptado de O Biodigestor.

A figura 2.8 representa o biodigestor modelo canadense de lona PVC instalado em uma propriedade qualquer.

Figura 2.8: Biodigestor instalado com revestimento de lona PVC.



Fonte: Bioköhler biodigestores.

Segundo Prati (2010), este modelo de biodigestor é o mais utilizado no Brasil nos dias de hoje. A utilização da manta impermeável, feita de Policloreto de Vinila (PVC), facilita na instalação e tem menor custo quando comparado com outros modelos de

biodigestores. Também apresenta maior resistência à corrosão, provocada pela água (H_2O) e pelo ácido sulfídrico (H_2S), presente na mistura gasosa do biogás, e pode ser implantado tanto em grandes como em pequenos projetos.

2.1.6. Conceito e utilização do biogás

O biogás é um gás natural obtido da fermentação anaeróbica de dejetos animais, resíduos vegetais e lixos residenciais ou industriais onde este processo ocorre no interior do biodigestor na ausência de oxigênio (COLDEBELA, 2006).

Para Barrera (1993), a composição média da mistura do biogás não é um valor fixo, que varia dependendo dos fatores utilizados como a temperatura e tipos de resíduos utilizados. É constituído, aproximadamente, de 50 a 80% de gás metano (CH_4), o restante, em sua maior parte, é composto por gás carbono (CO_2) e alguns outros gases como hidrogênio, monóxido de carbono, nitrogênio entre outros, embora seja de menor concentração, como pode-se comprovar na tabela 2.6.

Tabela 2.6: Representação da composição do biogás.

Tipo de gás	Símbolo	Concentração no biogás (%)
Metano	CH_4	50 – 80
Dióxido de Carbono	CO_2	20 – 40
Hidrogênio	H_2	1,0 - 3,0
Nitrogênio	N_2	0,5 - 3,0
Gás Sulfídrico e outros	H_2S_2 , CO , NH_3	1,0 - 5,0

Fonte: Adaptado de Barrera (1993).

Para Silva (2015), o biogás pode ser transformado em energia mecânica, elétrica, térmica, entre outros tipos de utilização. O biogás era bastante utilizando, antigamente, em aquecimentos em geral, nas cozinhas e iluminação por chamas, ainda hoje, existem locais que ainda utilizam o biogás como meio de aquecimento, mas o mais utilizado é para geração de energia elétrica. Este gás ainda pode ser comprimido e ser utilizado como combustíveis de automóveis, que substitui o uso do petróleo. O poder calorífico do biogás é aproximadamente de $6kWh/m^3$, variando conforme a concentração de gás metano, quanto mais puro, maior o poder calorífico.

A tabela 2.7 representa a equivalência energética do biogás de 1m³, em comparação com outras fontes de energias mais utilizadas, levando em consideração as seguintes condições: gás metano puro, com pressão de 1atm e temperatura de 25°C (SGANZERLA, 1983) (NOGUEIRA, 1986).

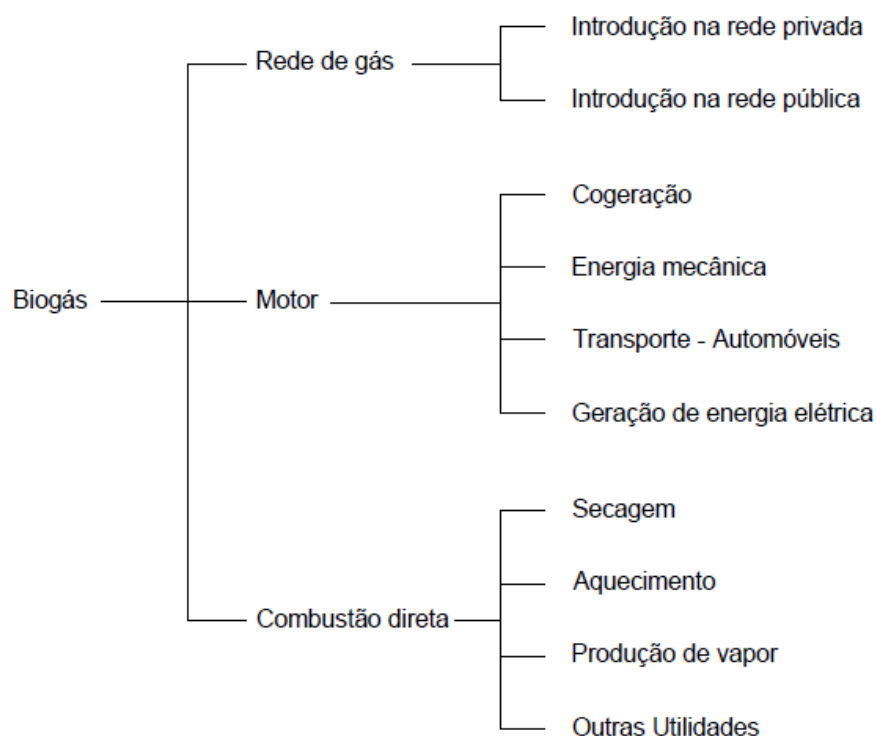
Tabela 2.7: Representação comparativo de biogás com outras fontes.

Fonte de Energia	SGANZERLA (1983)	NOGUEIRA (1986)
Gasolina (ℓ)	0,613	0,61
Querosene (ℓ)	0,579	0,62
Diesel (ℓ)	0,553	0,55
GLP (kg)	0,454	1,43
Álcool (ℓ)	0,790	0,80
Carvão Mineral (kg)	0,735	0,74
Lenha (kg)	1,538	3,50
Eletricidade (kWh)	1,428	-

Fonte: Adaptado de Sganzerla (1983), Nogueira (1986).

Para Santos (2000), o biogás é um combustível gasoso, semelhante ao gás natural, que possui diversas utilidades, sempre sendo convertida em energia térmica, mecânica ou elétrica. A figura 2.9 representa algumas utilizações do biogás.

Figura 2.9: Esquema representativo de aplicações do biogás.



Fonte: Adaptado de SANTOS (2000).

O biogás só possui risco de explosão caso entre em contato com oxigênio no interior do biodigestor. Esta situação ocorre apenas no início da operação, quando as primeiras cargas de dejetos são inseridas. Para que não ocorra nenhum tipo de problema, é realizado a libração da primeira produção de biogás. No início da operação, os registros de saída do biogás devem permanecer fechados, até que a manta esteja completamente inflada. Após isto, deve liberar todo o biogás contido no interior do biodigestor, até que retorne à posição inicial e, logo em seguida, fechar os registros de saídas para que infle novamente, apenas assim, o biodigestor pode ser utilizado normalmente. Caso haja qualquer tipo de vazamento, o oxigênio não conseguirá infiltrar no interior do biodigestor devido a pressão interna da manta ser superior à pressão atmosférica. Se algum vazamento for detectado, o mesmo deve ser reparado urgentemente, afim de evitar problemas futuros (PRATI, 2010).

2.1.7. Tempo de retenção hidráulica

O tempo de retenção hidráulica (TRH), é o tempo que o dejetos permanece no interior do biodigestor, ou seja, desde o tempo de entrada do material até a saída do biofertilizante do biodigestor. Este tempo de retenção pode variar de 4 a 60 dias, dependendo da origem/tipo da matéria orgânica. O TRH ideal para dejetos animais é, entorno de 20 a 30 dias, pois a partir de 30 dias a produção de biogás começa a decair (LUTOSA; MEDEIROS, 2014).

2.1.8. Biofertilizante

O biofertilizante é o resto do resíduo orgânico que passou pelo processo de fermentação no interior do biodigestor para produção de biogás, em sua maioria sob forma líquida, rica em nutrientes como nitrogênio, fosforo, potássio e húmus, que pode ser aproveitado na fertilização do solo nas lavouras, melhorando a qualidade física, química e biológica (COLDEBELLA, 2006).

Segundo Souza *et al.* (1995), este material evita que insetos causadores de doenças e pragas prejudique as plantas. Como ela não apresenta odor, não atrai nenhum tipo de animal ou insetos proliferadores e causadores de doenças. Se por acaso isto acontecer, o tempo de retenção hidráulica do biofertilizante deve ser aumentada.

Os adubos químicos, utilizados em muitas lavouras, podem até substituir a matéria orgânica, mas não podem suprir as qualidades físicas e biológicas, fornecidos pelos biofertilizantes. O uso excessivo de adubos químicos causa mineralização do solo, causando o ressecamento, endurecimento e dificultando a entrada de água e oxigênio, que causa a erosão. Além disso, os sais minerais destroem as bactérias que fortalecem o solo, o que facilita a propagação dos insetos, fungos e outros tipos de seres vivos que danificam as plantas (SGANZERLA, 1983).

Para Paes (2015), os benefícios da utilização dos biofertilizantes são:

- a) Investimento financeiro baixo, com rendimento produtivo;
- b) Aumento da resistência contra pragas e doenças;
- c) Aumento da diversificação de nutrientes ofertados às plantas, melhorando a biodiversidade e atividade biológica no solo;
- d) Eliminação de resíduos tóxicos nos alimentos;
- e) Não prejudica o meio ambiente;
- f) Tem uma produtividade maior em comparação com fertilizantes químicos e;
- g) Entre outros benefícios que pode melhorar, tanto o solo quanto a produção das plantas.

O biofertilizante, por conta das grandes perdas de oxigênio, carbono e hidrogênio, apresenta maior concentração de nutrientes em comparação com o resíduo original. A composição média do biofertilizante é de 0,5 a 3,0% de potássio, 1,0 a 5,0% de fósforo e 1,5 a 4,0% de nitrogênio, apresentando também outros nutrientes como boro, cálcio, cobre, enxofre, ferro, magnésio, molibdênio e zinco. Além disso, apresenta um pH entre 7,0 a 8,0, ou seja, é considerado como alcalino, o que proporciona o crescimento de microrganismos que são úteis ao solo, realizando o equilíbrio do pH (CUNHA, 2012).

Segundo Gaspar (2003), se o efluente do biodigestor apresente um pH inferior que 7,0, considerado afluente ácido, indica que a digestão está incompleta, sendo necessário avaliar a operação. Caso o afluente apresentar um pH superior que 8,0, considerado afluente alcalino, deve-se avaliar a operação novamente pois indica excesso de retenção hidráulica.

2.5. CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE DEJETOS ANIMAIS

Segundo Santos (2000), os resíduos pecuários são os mais empregados nos processos de digestão anaeróbia no interior do biodigestor, pois os dejetos animais são ricos em matéria orgânica.

Para Oliveira (1993), de acordo com as fases de criações suínas, há variação na quantidade de produção de dejetos, pois deve-se levar em consideração as características zootécnicas como tamanho, sexo, raça e atividade. A tabela 2.8 representa a quantidade de dejetos produzidos diariamente, de acordo com as categorias do animal.

Tabela 2.8: Produção diária de dejetos de acordo com o tipo de criações suínas.

Categoria	Esterco (kg/dia)	Esterco + Urina (kg/dia)	Dejetos líquidos (litros/dia)
Suínos de 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40

Fonte: Adaptado de Oliveira (1993).

2.6. CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOGÁS PARA ENERGIA ELÉTRICA

Segundo Souza *et al.* (1995), a conversão energética de biogás em energia elétrica pode ser realizado através de microturbinas, movidos a gás, e motores de combustão interna, como a utilização de motores ciclo Otto ou ciclo Diesel.

Segundo Pereira (2005), é necessário realizar algumas modificações nos motores de combustão interna para utilizar o biogás como fonte de combustível. Os motores de ciclo Diesel são os mais apropriados e utilizados para geração de energia elétrica do que os motores de ciclo Otto, pois apresenta uma robustez superior e possui um custo menor em relação a implantação de mesma capacidade de potência.

A utilização do biogás como fonte de combustível em motores de ciclo Diesel, só é possível através da utilização da otolização ou conversão de bicomustível. Na otolização, é substituído toda parte do sistema de injeção a Diesel por carburação do gás ao ar de admissão; e o sistema elétrico com as velas, para a ignição é substituído por centelha. São substituídos os cabeçotes dos motores, pois é necessário realizar

a adequação da taxa de compressão, já que os motores de ciclo Otto operam com taxas inferiores aos motores de ciclo Diesel (SOUZA *et al*, 2004).

Segundo Obert (1971), quando o motor opera em bicomcombustível (tanto a biogás quanto a diesel), não há necessidade de modificações, pois, na fase de admissão, o motor é alimentado com gás que entra juntamente com o ar. E a ignição é iniciada por uma pequena injeção de diesel, que provoca a ignição através de compressão, dando início a combustão à gás.

2.7. GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Segundo Souza (2018), em 17 de abril de 2012, a ANEEL permitiu que os consumidores realizem a troca de energia elétrica gerada com a da rede elétrica da concessionária, seguindo as normas exigidas pela resolução normativa nº482, que fala de microgeração e minigeração distribuída. Todo consumidor, que possua um CPF ou CNPJ, possui o direito de conectar, paralelamente às redes de distribuição das concessionárias, seu sistema de gerador de energia de fontes renováveis (solar, eólica, biomassa, hidráulica ou cogeração qualificada).

Antes, pela RN nº482, entende-se que a microgeração é um sistema de geração, com potência instalada, menor ou igual a 100 kW, e a minigeração é um sistema de geração instalada, maior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW. Agora, devido a alteração realizada pela ANEEL, com a RN nº687, a potência instalada de microgeração é menor ou igual a 75 kW e a minigeração é de potência superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, 2015).

A troca de energia elétrica gerada com a da rede elétrica da concessionária, é definido como sistema de compensação de energia elétrica, onde a potência ativa excedente, produzida pela unidade consumidora e injetada na rede, gerando créditos de energia e devolvida no prazo de até 60 meses. Nos momentos em que o cliente necessitar, nos próximos meses, pode ser realizado o abatimento no consumo, tanto em sua unidade ou em outras que estejam cadastradas na mesma titularidade, ou seja, em mesmo CPF ou CNPJ, e que sejam atendidas pela mesma companhia de eletricidade (SILVA, 2015).

Para COPEL (2018.a), pode realizar o abatimento do consumo através das seguintes categorias:

- Autoconsumo remoto: onde o consumidor, seja ele pessoa física ou jurídica, utiliza o excedente da geração para abater faturas de outros imóveis que estejam sob sua titularidade.
- Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: é caracterizado através da utilização da energia elétrica de forma independente, onde os condomínios podem realizar a compensação conjunta das contas de suas unidades.
- Geração compartilhada: onde todos os interessados isolados, que estão dentro da mesma área de concessão ou permissão, se unem em consórcio ou cooperativa, fazendo uma compensação conjunta das faturas.

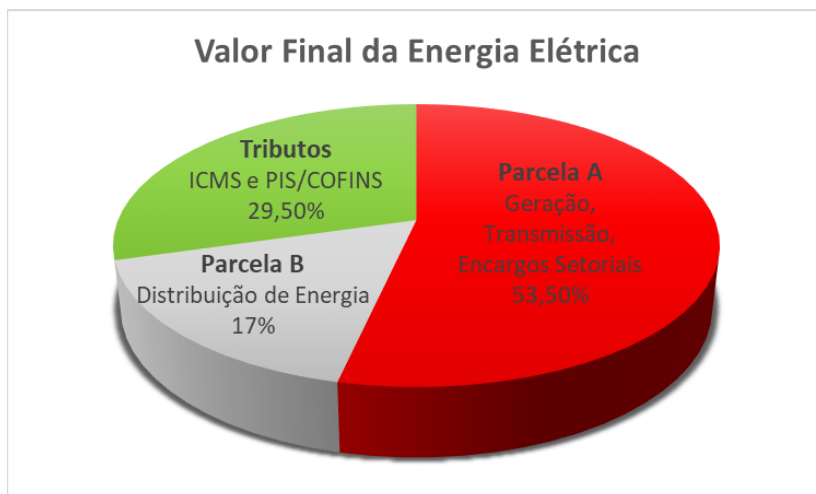
2.8. TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

Atualmente, o serviço de energia elétrica é muito importante para sociedade, tanto nas residências como em outros tipos de segmentos econômicos (ANEEL, 2018.b).

No Brasil, a tarifa de energia elétrica é estabelecida pela ANEEL, que desenvolve diversas metodologias, que buscam uma remuneração apropriada a cada um dos seguimentos do setor elétrico – como geração, transmissão, distribuição e comercialização – garantindo ao consumidor final um serviço de qualidade e contínuo, ao mesmo tempo em que cria incentivos para que as empresas de fornecimento melhorem este serviço continuamente, afim de assegurar o consumidor o pagamento de um valor justo, e também garantir um equilíbrio econômico para as concessionárias (ANEEL, 2008).

Segundo os dados da ANEEL (2018.c), a tarifa é o preço cobrado por unidade de energia elétrica consumida em kWh, onde a sua composição de valores é calculado considerando diversos fatores como a geração de energia elétrica, infraestrutura para transmissão, distribuição, comercialização e operações técnicas realizadas pelas concessionárias responsáveis. Também estão inclusos os encargos e tributos, conforme a figura 2.10, estabelecidos por leis.

Figura 2.10: Representação gráfica da divisão do valor da tarifa.



Fonte: Adaptado de ANEEL (2018.c).

Conforme análise da figura 2.10, a maior parcela do custo de energia é da Parcela A, com 53,50%, após os custos com Tributos, com 29,50% e a Parcela B com 17% (ANEEL, 2018.c).

Segundo Carção (2011), no Brasil, as tarifas de energia elétrica são classificadas em dois grupos, o grupo A e o grupo B. O grupo A são consumidores com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3kV, e possui suas subclasses que são:

- A1 – Tensão de fornecimento igual ou superior a 230kV;
- A2 – Tensão de fornecimento de 88kV a 138kV;
- A3 – Tensão de fornecimento em 69kV;
- A3a – Tensão de fornecimento de 30kV a 44kV;
- A4 – Tensão de fornecimento de 2,3kV a 25kV;
- A5 – Tensão de fornecimento inferior a 2,3kV com sistema subterrâneo de distribuição.

O grupo B são unidades consumidoras com tensão de fornecimento inferior a 2,3kV, e são estabelecidas com os seguintes subgrupos:

- B1 – Propriedade residencial comum ou de baixa renda;
- B2 – Propriedade rural, serviço público de irrigação e cooperativa rural;
- B3 – Demais classes como industrial, comercial, serviço público, entre outros;
- B4 – Iluminação pública.

A concessionária responsável pela energia elétrica no Paraná é a Copel – Companhia Paranaense de Energia – que além dos seus serviços e deveres, emitem as tarifas nos municípios do Paraná. A tabela 2.9 representa o valor da tarifa cobrado por kWh para o grupo B, da classe residencial e da rural.

Tabela 2.9: Tarifa de energia elétrica da Copel.

Convencional	Resolução ANEEL N°2.402 de 19 de Junho de 2018	
	Tarifa em R\$/kWh	Com Impostos: ICMS e PIS/COFINS
B1 - Residencial	R\$0,50752	R\$0,76897
B2 - Rural	R\$0,35526	R\$0,53827

Fonte: Adaptado de Copel (2018.b).

Observa-se que, para o subgrupo B1 (Residencial), o valor cobrado por kWh é de R\$0,76897, e para o subgrupo B2 (Rural), o preço é de R\$0,53827 por kWh, com os impostos inclusos.

2.9. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para explicar o uso dos recursos de capital, deve realizar uma análise prévia dos investimentos. Para isto, utiliza-se o conhecimento das técnicas estudadas pela engenharia econômica, que se baseia na matemática financeira (PRATI, 2010).

O fluxo de caixa é um controle financeiro que analisa as entradas e saídas dos recursos monetários, por um determinado período, que auxilia os investidores ou empreendedores a tomarem decisões, planejamentos e realizar avaliações, seguindo uma visão dos seus recursos financeiros (WANTROBA, 2007).

Para Palmeira (2008), a taxa mínima de atratividade (TMA) é uma taxa de juros, que pode ser um investimento lucrativo ou render o equivalente a esta taxa de juros, variando de investidor para investidor.

O valor presente líquido (VPL) é um método onde se compara, desde o início do projeto, todas as despesas previstas no fluxo de caixa considerando a taxa mínima de atratividade, determinada pelo investidor. Este investimento será considerado

economicamente atrativo caso o VPL for positivo (PRATI, 2010). Para calcular o VPL deve utilizar a equação 2.1.

$$VPL = -Mi + \sum_{i=0}^n \frac{Ci}{(1+j)^n} \quad (2.1)$$

Onde:

VPL = Valor Presente Líquido (R\$)

Mi = Montante inicial aplicado (R\$)

Ci = Fluxo de caixa na data i (R\$)

j = Taxa de juros (%)

n = Quantidade de anos (Ano)

Para Wantroba (2007), a definição da taxa interna de retorno (TIR) é a taxa de juros onde o valor presente de todos os fluxos de entrada é igual ao valor presente de todos os fluxos de saída, ou seja, é a taxa que torna nulo o valor presente líquido de um investimento. Deve-se analisar a TIR em relação ao TMA para verificar a rentabilidade do investimento, pois o projeto somente será atrativo se o TIR for maior que a TMA. Para determinar o TIR, deve utilizar a equação 2.2, para verificar a taxa de juros que, teoricamente, zeraria o VLP.

$$0 = -Mi + \sum_{i=0}^n \frac{Ci}{(1+j)^n} \quad (2.2)$$

Segundo Palmeira (2008), o tempo de retorno do investimento, conhecido como *payback*, é o tempo necessário para que o capital investido seja recuperado. Sendo assim, o *payback* simples pode ser calculado pela equação 2.3.

$$PB = \frac{Inv.Inicial}{\sum FC_{ano}} \quad (2.3)$$

Onde:

PB = *Payback* ou tempo de retorno do investimento (Ano)

Inv.Inicial = Custo do investimento inicial (R\$)

FC = Fluxo de caixa ao ano (R\$)

Deve destacar, que quanto mais tempo o investidor levar para recuperar o investimento que teve com o projeto, menos atrativo se torna (PALMEIRA, 2008).

O *payback* descontado é um método semelhante ao *payback* simples, com a diferença do adicional da taxa de desconto considerado antes da soma dos fluxos de caixa, conhecido também com taxa mínima de atratividade (TMA), que são definidos pelos investidores (WANTROBA, 2007).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA PROPRIEDADE

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram coletados dados e informações de uma propriedade rural, situada no município de Pato Bragado, região Oeste do estado do Paraná, onde foi realizado o estudo de viabilidade técnica e econômica da geração de energia elétrica, através do biogás produzido a partir de dejetos animais.

A propriedade possui uma instalação de três granjas, voltadas para criação de suínos, onde foi implantado um biodigestor, modelo marinha brasileira, que utiliza uma manta impermeável, feita de PVC, que apresenta um baixo custo, maior resistência e facilidade de implantação em relação aos outros modelos de biodigestores.

A figura 3.1 representa a vista aérea da propriedade em estudo, com as coordenadas geográficas definidas por, $-24^{\circ}36'$ (S) de latitude e $-54^{\circ}14'$ (W) de longitude.

Figura 3.1: Representação da vista aérea do local de estudo.



Fonte: Google Maps acesso em 15/03/2018.

Nas granjas estão alojados suínos de terminação ou engorda (última fase de criação dos suínos), que serão responsáveis pela produção dos dejetos para introdução no interior do biodigestor.

3.2. DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR

Antes de realizar o dimensionamento do biodigestor, deve-se decidir qual o modelo de biodigestor que será utilizado na propriedade, após isto, definir local ideal para a implantação, que não deve ser de difícil acesso nem afastado das granjas, para que não implique no transporte dos dejetos e operação ideal do biodigestor.

Segundo Junqueira (2014), para biodigestor, modelo canadense, que é formado de manta impermeável em PVC, podemos determinar o seu tamanho levando em consideração, o volume de carga diária produzido pelos suínos alojados nas granjas pelo tempo de retenção necessário para a fermentação anaeróbia. Para determinar o seu volume, usaremos a equação 3.1.

$$Vb = Vcd . TRH . n \quad (3.1)$$

Onde:

Vb = Volume do biodigestor (m^3)

Vcd = Volume de carga diária por animal (m^3/dia)

TRH = Tempo de retenção hidráulica (dias)

n = Quantidade de animais

Para determinação do volume diário, dependerá do tipo e fase de vida do animal e a quantidade de animais alojados nas granjas.

Segundo Lutosa e Medeiros (2014), o TRH ideal para dejetos suínos é entorno de 20 a 30 dias, pois a partir de 30 dias a produção de biogás começa a decair.

Como as granjas em estudos são destinadas à produção de suínos em fase de terminação, ou seja, pela categoria, são suínos de 25 a 100 kg, a produção diária de esterco, esterco mais e dejetos líquidos serão consideradas conforme a tabela 3.1 (OLIVEIRA, 1993).

3.3. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Para determinação da quantidade de biogás que será gerada no interior do biodigestor, iremos analisar conforme a tabela 3.1 (SANTOS, 2000).

Tabela 3.1: Produção de biogás por dejetos suínos.

Espécie pecuária	Unidade referência	Produção específica de biogás (m³/kg)	Produção diária (m³/animal/dia)
Suínos	Porca reprodutora em ciclo fechado	0,45	0,866
	Porca reprodutora em criação de leitões	0,45	0,933
	Porco em exploração de engorda	0,45	0,799

Fonte: Adaptado de Santos (2000).

3.4. EQUIPAMENTOS INSTALADOS NA PROPRIEDADE

Será realizado a produção de energia elétrica, através de um conjunto motor-gerador, que é composto por um motor ottolizado, originalmente movido à diesel, que foi adaptado para operação, utilizando o biogás como combustível, e um gerador de energia elétrica.

Na propriedade encontra-se instalado um motor da marca MWM, modelo 6.12T e o gerador da marca WEG, modelo GTA202AI34, com a potência nominal de 75kW, como representa na figura 3.2.

Figura 3.2: Conjunto motor-gerador.

Fonte: Acervo do autor (2018).

Para evitar o efeito corrosivo do gás sulfídrico (H_2S), é utilizado um filtro que preserva a vida útil do motor-gerador e melhora seu desempenho (SANTOS, 2016).

Para proteção do funcionamento do conjunto implantado, é utilizado um quadro de comando que possuem alguns componentes como disjuntores de proteção, contator, relés, transformadores de corrente, equipamento de medição e controle da sincronização e paralelo, entre outros itens. A figura 3.3 representa o quadro de comando instalado na propriedade em estudo.

Figura 3.3: Quadro de comando para proteção e sincronização do motor.



Fonte: Acervo do autor (2018).

O controlador de sincronização e paralelismo é realizado através do equipamento da marca Sices, modelo GC500 *mains*, que além de realizar o controle da sincronização do gerador, possui um sistema de monitoramento remoto, chamado de Si.Mo.Ne (*Sices Monitor Network*), que realiza o monitoramento do funcionamento do gerador, demonstra as horas de funcionamento, quantidade de energia produzida, entre outras funções. É através deste equipamento que será realizado a verificação da quantidade de energia produzida pelo gerador instalado na propriedade.

O sistema de geração de energia deve ficar protegido, e mantendo distâncias seguras em relação ao biodigestor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MEMORIAL DE CÁLCULO PARA O BIODIGESTOR

Segundo Lutosa e Medeiros (2014), o tempo de retenção hidráulico adotado foi de 30 dias.

O volume de produção de esterco considerado foi de 2,30 kg por dia animal, e o esterco, mais urina, será de 4,90 kg por dia animal, e os dejetos líquidos somam 7 litros/dia por animal, conforme Oliveira (1993).

A determinação do dimensionamento do volume do biodigestor foi obtido através da equação 3.1:

$$Vb = Vcd . TRH . n$$

Onde o volume de carga diária é de 7 litros, o TRH adotado é de 30 dias e o número de animais alojados nas granjas são de 3500 suínos. Sendo assim, temos:

$$Vb = 0,007 . 30 . 3500$$

$$Vb = 735 \text{ m}^3$$

Desta forma, o volume do biodigestor necessário é de 735 m³.

4.2. DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A propriedade em estudo aloja suínos em terminação ou exploração de engorda, sendo assim, para Santos (2000), a produção diária de biogás equivale a uma capacidade diária de 0,799 (m³/kg) por animal. Então a produção total diária de biogás na propriedade é dada através da equação 4.1.

$$Pd = n . Ebio \quad (4.1)$$

Onde:

Pd = Produção diária de biogás (m³/dia)

n = Quantidade de animais alojados

Ebio = Equivalência do biogás

Utilizando a equação 4.1 e inserindo os valores, teremos:

$$Pd = 3500 \cdot 0,799$$

$$Pd = 2.796,5 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Desta forma, o volume total produzido diariamente na propriedade em estudo será dado de 2.796,5 m³/dia de biogás.

4.3. DETERMINAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA

Com a equivalência energética do biogás, de acordo com Coldebella (2006), a produção de energia elétrica, estimada através de 1 m³ de biogás, é de 0,67 kWh. Desta forma com a produção diária de 2.796,5 m³ de biogás, conseguimos calcular a energia elétrica diária produzida por metro cúbico de biogás, com a equação 4.2.

$$E_{Td} = P_d \cdot E_{eq} \quad (4.2)$$

Onde:

E_{Td} = Energia total produzida por dia (kWh/dia)

P_d = Produção diária de biogás (m³)

E_{eq} = Equivalência energética (kWh)

Então, inserindo os respectivos valores na equação 4.2, teremos:

$$E_{Td} = 2.796,5 \cdot 0,67$$

$$E_{Td} = 1873,655 \text{ kWh}/\text{dia}$$

Sendo assim, se multiplicamos por 30 dias, determinaremos a produção de energia elétrica mensal, conforme a equação 4.3.

$$E_{Tm} = E_{Td} \cdot 30 \quad (4.3)$$

$$E_{Tm} = 1873,655 \cdot 30$$

$$E_{Tm} = 56.209,65 \text{ kWh}/\text{mês}$$

Desta maneira, de acordo com o Coldebella (2006), seguindo as condições em perfeitas situação, teremos em média 56.209,65 kWh mensal.

4.4. MEMÓRIA DE ARMAZENAMENTO DO CONTROLADOR

Para a proteção do motor-gerador, e para controle de sincronização com a rede da concessionária, deve ser utilizado um painel que faça toda essa operação de proteção e controle. Na propriedade está sendo utilizado um equipamento que realiza este controle e as medições de operação, que demonstra as horas de funcionamento, quantidade de energia produzida, entre outras funções.

Segundo as informações repassadas pelo fabricante do motor-gerador, a máquina síncrona possui uma potência ativa nominal de 75 kW, com o consumo de 40 m³/h, em carga máxima e com o biogás, contendo mais de 60% de metano na sua composição.

Desta forma, para verificar a produção total máxima mensal na propriedade, e certificar com a teoria de Coldebella (2006), devemos multiplicar a potência ativa nominal como se estivesse em operação o dia todo, durante o mês inteiro, em perfeitas condições, conforme a equação 4.4.

$$E_{Tm} = P_{gerador} \cdot 24 \cdot 30 \quad (4.4)$$

$$E_{Tm} = 75 \cdot 10^3 \cdot 24 \cdot 30$$

$$E_{Tm} = 54000 \cdot 10^3$$

$$E_{Tm} = 54000 \text{ kWh/mês}$$

Podemos perceber que a produção de energia elétrica, na propriedade, realmente chega próximo aos dados de análise de dimensionamento, onde a produção de energia elétrica, segundo as teorias, seria aproximadamente de 56.000 kWh e a produção mensal, na propriedade, é de até 54.000 kWh, valor este, correspondente a mais de 96% do dimensionamento teórico.

Desta maneira, analisando a memória de operação armazenada no controlador, percebe-se que a energia produzida no mês de Outubro de 2018 foi de 21.260 kWh com 362 horas de operação do gerador, conforme anexo A. Analisando a relação entre a energia gerada e as horas de operação, obtém-se uma geração média de aproximadamente 58,73 kWh, com cerca de 12 horas de operação por dia.

A justificativa para essa geração ser inferior, em relação ao levantamento teórico realizado, se dá por diversos fatores envolvidos, como a não operação contínua do gerador, de 24 horas todos os dias durante o mês, a quantidade de biogás armazenado para uso de combustível, devido os dados tabelados se referem à quantidade média de biogás produzido por animais de 25 a 100 kg, durante todo o período. Então se os animais estão no limite inferior de peso, irão produzir muito menos biogás que os animais que estão no limite superior do peso. Também pode ocorrer a falha na operação do gerador devido a alguma falha ou manutenção na implantação, ou até mesmo, alguma falha ou manutenção de transmissão por parte da concessionária, que deve realizar a desenergização da rede para este procedimento. Considerando esses fatores, não podemos levar em consideração que o gerador irá operar todo dia, em perfeitas condições, durante todo processo de geração.

4.5. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A propriedade em estudo possui esta implantação do biodigestor e do gerador, com a finalidade de reduzir, com a energia produzida, a fatura de energia elétrica cobrada pela COPEL, concessionária de energia no Paraná. Devido ao fato desta implantação ser um consórcio, não foi possível obter todas as faturas das unidades consumidoras participantes e realizar o levantamento total de consumo em relação a energia elétrica gerada.

Em contato com o proprietário da implantação, o valor do investimento total foi de, aproximadamente, R\$400.000,00, onde estão inclusos, desde a implantação do biodigestor, do motor-gerador, do filtro, dos painéis de conexão e de proteção, até as instalações elétricas e as alterações realizadas na propriedade.

O padrão de tarifação de energia elétrica, considerado pela COPEL, que a propriedade está sujeita, é de classe B, e a implantação, sendo um consórcio, não está isenta do valor do ICMS, sendo assim, o valor cobrado na tarifa é de R\$0,53827 kWh.

Como a média de geração de energia elétrica é de 58,73 kWh, com 12 horas de funcionamento diário na propriedade, é possível determinar a média de geração mensal e a equivalência de energia, bem como seu valor financeiro, para verificação

do tempo em que ocorrerá o retorno do investimento realizado nesta implantação. Foi utilizada a equação 4.5 para realizar a conversão do kWh em reais.

$$V_{dinheiro} = E_m \cdot V_{tarifa} \quad (4.5)$$

Onde:

$V_{dinheiro}$ = Valor em dinheiro (R\$)

E_m = Energia mensal gerada (kWh)

V_{tarifa} = Valor da tarifa cobrada por kWh (R\$)

Sendo assim, aplicando os valores na equação 4.5, teremos:

$$V_{dinheiro} = 21.260 \times 0,53827$$

$$V_{dinheiro} = 11.443,62$$

Percebe-se que, com a média de geração mensal na propriedade, sem o abatimento da fatura de energia cobrada pela COPEL, tem-se uma equivalência total mensal de R\$11.443,62.

Para realizar o cálculo de análise do período *payback*, foi utilizado o valor de 6,4% ao ano como TMA, valor esse da taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e Custódia), que é um custo básico da economia, definida pelo Banco Central, com o intuito de controlar a inflação. Para gastos com operações e manutenções em todo o sistema, foi considerado um valor de 4% ao ano em relação ao investimento total realizado, conforme Coldebella (2006), e para o aumento nas tarifas de energia elétrica, foi considerado um aumento médio de 14,99% ao ano, conforme definido por Castro (2018), cobrada pela COPEL.

Através dos estudos técnicos e análises econômicas, realizados conforme a tabela 4.1, é possível verificar a economia que as unidades cadastradas no consórcio irão ter no decorrer dos anos. Como não foi possível adquirir todas as faturas, foi realizada apenas a equivalência anual estimada convertendo a energia gerada em valores reais.

Tabela 4.1: Análise da economia e *payback*

ANO	0	1	2	3	4
Fluxo de Caixa	-400.000,00	137.323,44	157.908,23	181.578,67	208.797,31
Fluxo de Caixa Acumulado	-400.000,00	-262.676,56	-104.768,33	76.810,34	285.607,65
Fluxo de Caixa Descontado	-400.000,00	112.534,74	131.802,10	153.957,63	179.434,28
Fluxo de Caixa Descontado Acumulado	-400.000,00	-287.465,26	-155.663,16	-1.705,52	177.728,76

Fonte: Acervo do autor (2018).

Pode-se notar que o *payback* simples, sem incluir as taxas ao longo dos anos, irá acontecer, aproximadamente, em 2 anos e 6 meses, apenas com a energia gerada na propriedade em estudo. Já a análise com o *payback* descontado, incluindo as taxas e considerando o valor temporal do dinheiro, o retorno de todo o investimento, irá acontecer com aproximadamente em 3 anos.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou um estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de um biodigestor na suinocultura, para utilização do biogás como fonte principal, para geração de energia elétrica.

O biodigestor foi implantado através de um consórcio, para abatimento das faturas de energia das propriedades consumidoras, gerando cerca de 21.260 kWh por mês, o equivalente à R\$11.443,62. Considerando este valor, o *payback* simples ocorrerá em 2 anos e 6 meses e o *payback* descontado em aproximadamente 3 anos. Ressaltando que este prazo de *payback* poderia ser encurtado, caso o biodigestor implantado na propriedade atendesse ao dimensionamento teórico, e se ocorresse a análise econômica através da utilização do biofertilizante, como adubo, para comercialização ou utilização em lavoura própria, caso houvesse.

Além do armazenamento do biogás para geração de energia, a implantação do biodigestor traz diversas outras vantagens, como diminuição na proliferação de insetos e odores, devido ao destinação e tratamento correto dos dejetos dos animais, que, posteriormente, podem ser utilizados como biofertilizante, evitando o uso de agrotóxicos e aumentando a produtividade na agricultura.

Sendo assim, mesmo que a geração de energia elétrica não esteja de acordo com a capacidade total dos equipamentos instalados na propriedade, foi possível comprovar a viabilidade da implantação de geração de energia elétrica através da utilização do biogás, possibilitando, assim, o aperfeiçoamento desta fonte de energia renovável, que possui grande potencial no Brasil, fazendo dela um foco de novos estudos.

Como sugestão para o desenvolvimento de trabalhos futuros, pode ser realizado a viabilidade econômica, incluindo os benefícios financeiros que terá, com a utilização ou venda do biofertilizante como adubos para utilização nas lavouras. Também deve-se ressaltar a utilização do biogás para vendas de crédito de carbono, que tem como objetivo principal a redução de emissão de gases poluentes na atmosfera.

Também deve-se destacar, como sugestão, o estudo de proteção e controle da sincronização do gerador com a rede da concessionária, a fim de poder gerar uma energia de melhor qualidade, evitar riscos de acidentes ou danos materiais, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil: 3ª edição**. 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/2yPR5lt>>. Acesso em: 22 Mar. 2018.

_____. **Resolução Normativa N°687**. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 05 Ago. 2018.

_____. **Balanco Energético Nacional - BEN**. 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2Evta44>>. Acesso em: 25 Mar. 2018.

_____. **Banco de Informações de Geração - BIG**. 2018.a. Disponível em: <<https://bit.ly/28INSwk>>. Acesso em: 05 Nov. 2018.

_____. **Tarifa de Energia Elétrica**. 2018.b Disponível em: <<https://bit.ly/2Bwph0T>>. Acesso em: 22 Set. 2018.

_____. **Entendendo a tarifa**. 2018.c Disponível em: <<https://bit.ly/2hHFHYM>>. Acesso em: 30 Set. 2018.

ARAÚJO, Ana P. C. **Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. 2017. 42 f. Monografia (Engenharia Química), Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2017. Disponível em <<https://bit.ly/2r1M7VP>>. Acesso em: 28 Mai. 2018.

BARRERA, P. **Biofertilizantes: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. São Paulo: Ícone. 1993. 106 p.

Bioköhler biodigestores. Disponível em <<http://www.biokohler.com/>>. Acesso em: 20 Abr. 2018.

CARÇÃO, João F. C. **Tarifas de energia elétrica no Brasil**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

CASSEB, M.M.S. **Avaliação do desempenho de um reator anaeróbico de fluxo ascendente e manta de lodo, em escala piloto, tratando de esgotos sanitários da cidade de belo horizonte**. Dissertação (Mestrado em engenharia sanitária e ambiental), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 1996.

CASTRO, Henrique F. **Geração distribuída fotovoltaica no 15ºB Log: Proposta para racionalização dos gastos com energia elétrica na vida vegetativa da OM**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares), Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, 2018.

CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Matriz energética: Cenário, Oportunidades e Desafios**. Brasília. 2007. 86 p. Disponível em <encurtador.com.br/bkY58>. Acesso em: 30 Mar. 2018.

COLDEBELLA, Anderson. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais**. 2006. 74 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, 2006.

Disponível em

<<http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/2841/1/Anderson%20Coldebella.pdf>>. Acesso em: 10 Abr. 2018.

COPEL. **Micro e Minigeração – Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. 2018.b Disponível em <<https://bit.ly/1gEdW97>>. Acesso em: 13 Out. 2018.

_____. **Taxas e Tarifas**. 2018.a Disponível em <<https://bit.ly/1o66xpW>>. Acesso em: 16 Out. 2018.

CUNHA, Claudio F. L. **Programa de fortalecimento da viticultura familiar da serra gaúcha – Biofertilizantes**. 2012. 23 p. Disponível em <<http://www.centroecologico.org.br/cartilhas/Biofertilizantes.pdf>>. Acesso em: 19 Mai. 2018.

DEGANUTTI, Roberto; PALHACI, Maria do C. J. P; ROSSI, Marco; TAVARES, Roberto; SANTOS, Claudemir. **Biodigestores rurais: Modelo indiano, chinês e batelada**. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Bauru. 2002. 5 p. Disponível em <<https://bit.ly/2hyTf84>>. Acesso em: 22 Mar. 2018.

ECKERT, Caroline T.; FRIGO, Elisandro P.; BASTOS, Rafaela K.; MARI JR, Alvaro; MARI, Angelo G.; CABRAL, Ana C. **Biomassa residual vegetal**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 4, p. 32-44, 2013. Disponível em <<https://bit.ly/2QbRP5J>>. Acesso em: 10 Mai. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2017. 232 p. Disponível em <<https://bit.ly/2HzO0nt>>. Acesso em: 30 Mar. 2018.

GASPAR, Rita M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo-PR**. 2003. 219 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis. 2003. Disponível em <<https://bit.ly/2nuLjHD>>. Acesso em: 15 Maio. 2018.

GRYSCHKE, J. M.; BELO, F. R. **Produção e uso do gás metano na agricultura e agroindústria**. Piracicaba, 1983. 15p.

JUNQUEIRA, Sérgio L. C. D. **Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: Estudo de caso na fazenda aterrado**. 2014. 55 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <<https://bit.ly/2BodhfB>>. Acesso em: 08 Mai. 2018.

LUTOSA, Gleison N.; MEDEIROS, Ícaro H. B. **Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizantes a partir de resíduos sólidos orgânicos**. 2014. 74 f. Universidade de Brasília Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2014. Disponível em <<https://bit.ly/2zlzxoY>>. Acesso em: 31 Mai. 2018.

MACEDO, Flavia J. **Dimensionamento de biodigestores para tratamentos de dejetos da produção suína**. 2013. 117 f. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2013. Disponível em <<https://bit.ly/2PLHG08>>. Acesso em: 09 Abr. 2018

MARTINI, Paulo R. R. **Conversão Pirolítica de Bagaço Residual da Indústria de Suco de Laranja e Caracterização Química dos Produtos**. 2009. 136 f. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2009. Disponível em <<https://bit.ly/2S5pYl1>>. Acesso em: 05 Mar. 2018.

MME, Ministério de Minas Energia. **Resenha Energética Brasileira**. 2017. 32 p. Disponível em <<https://bit.ly/2OUxnlh>>. Acesso em: 26 Mar. 2018.

MORAES, M. J. **Manual de instruções para usuário do biogás**. 1980.

NOGUEIRA, Luiz A.H. **Biodigestão, a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986. 93 p.

NOGUEIRA, Luiz A.H; LORA, Electro E.S. **Dendroenergia: fundamentos e aplicações**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 199p.

OBERT, E. F. **Motores de combustão interna**. Porto Alegre – RS: Globo. 1971.

O Biodigestor. Disponível em <<http://www.iengep.com.br/biodigestores.htm>>. Acesso em: 13 Maio. 2018.

OLIVEIRA, Paulo A. V; HIGARASHI, Martha M. **Geração e utilização de biogás em unidade de produção de suínos**. 2006. Disponível em <<https://bit.ly/2AeGrvR>>. Acesso em: 10 Abr. 2018.

OLIVEIRA, P. A. V de. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. 1993. Documento, 27, 188p. Pelotas – RS. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. Disponível em <<https://bit.ly/2rfyKBw>>. Acesso em: 10 Abr. 2018.

PAES, Leocimara S. O. P. **Biofertilizantes e defensivos naturais na agricultura orgânica**. 2015. 27 p. Disponível em <<https://bit.ly/2DOn1CB>>. Acesso em: 20 Mai. 2018.

PALMEIRA, Cristina G. **Roi de treinamento – Retorno de investimento**. 2 ed. Rio de Janeiro. Qualitymark. 2008. 95 p.

PEREIRA, R. H. **Geração Distribuída de Energia Elétrica – Aplicação de Motores Bicombustível Diesel/Gás Natural**. In: 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, Salvador – BA, 2005.

PINTO, Carlos; CATARINO, Joana; CORREIA, Manuel; LEITE, Pedro; COSTA, Sara. **Energia solar**. 2014. 29 f. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP). Disponível em: <<https://bit.ly/2nN5EIs>>. Acesso em: 16 Mai. 2018.

PRATI, Lisandro. **Geração de energia elétrica a partir do biogás gerado por biodigestores**. 2010. 83 f. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2010. Disponível em <<http://www.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/148.pdf>>. Acesso em: 10 Abr. 2018.

SANTOS, M. V. **Principais Problemas dos motores a biogás e tecnologias de biometanização: Estudo de caso**. 20016. 111 f. Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica. Universidade de Taubaté, Taubaté, São Paulo. 2016. Disponível em <<https://bit.ly/2TwuhHH>>. Acesso em: 03 Nov. 2018.

SANTOS, P. **Guia técnico de biogás**. Centro para a conservação de energia. Portugal: 2000. 117 p.

SANTOS, Reginaldo F; SIQUEIRA, Jair A. C. **Fontes renováveis – Agroenergia**. Cascavel: 2012. 126 p.

SGANZERLA, Edílio. **Biodigestor: uma solução**. Porto Alegre: Agropecuária, 1983. 86p.

SILVA, Samuel C. **Potencial do biogás na geração distribuída em Minas Gerais**. 2015. 34 f. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2015. Disponível em <<https://bit.ly/2PL4rl8>>. Acesso em: 10 Abr. 2018.

SOUZA, Júlio S. I.; PEIXOTO, Aristeu M.; TOLEDO, Francisco F. **Enciclopédia agrícola brasileira**. Volume 1. São Paulo; Edusp. 1995. 508 p.

SOUZA, S. N. M.; PEREIRA, W. C; NOGUEIRA, C. E. C; PAVAN A. A; SORDI. A. **Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura**, Acta Scientiarum, v.26, n. 2, p. 127-133, 2004. Disponível em <<https://bit.ly/2QeKbaR>>. Acesso em: 02 de Set. 2018.

SOUZA, Ronilson di. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica: Livro digital de introdução ao sistemas solares**. Ribeirão Preto – SP, 2018. Disponível em <<https://bit.ly/2eHFZec>>. Acesso em: 11 de Ago. 2018.

TOLMASQUIM, Maurício T. **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 516 p.

VIEIRA, Ana Carla. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. 2012. 72 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia na Agricultura. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel, 2012. Disponível em < <https://bit.ly/2LanfmB>>. Acesso em: 16 de Mai. 2018.

WANTROBA, Elaine. **Avaliação de investimento em sistemas integrados de gestão empresarial**. 2007. 97 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Ponta Grossa, 2007. Disponível em <<https://bit.ly/2PLHcHm>>. Acesso em: 10 de Jun. 2018.

ANEXOS

ANEXO A: MEMÓRIA DE ARMAZENAMENTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO MÊS DE OUTUBRO/2018

Si.mo.ne report

Tempo de utilização: 30 Dia/s, 23 Hora/s, 59 minuto/s.

Tempo de operação: 362

Energia produzida: 21.260 kWh

Medido de energia final: 154.108 kWh

Data de Operação	Horas de Funcionamento	Total de Horas Trabalhadas	Energia Produzida (kWh)	Medidor de Energia (kWh)	Temperatura (°C)	Próxima Manutenção
01/10/2018	24	2.643	1.538	134.386	77,7	367
02/10/2018	5	2.648	341	134.727	81,6	362
03/10/2018	13	2.661	839	135.566	83,2	349
04/10/2018	13	2.674	817	136.383	39,4	336
05/10/2018	11	2.685	719	137.102	84,1	325
06/10/2018	4	2.689	232	137.334	38	321
07/10/2018	12	2.701	716	138.050	78,3	309
08/10/2018	10	2.711	643	138.693	81,6	299
09/10/2018	13	2.724	828	139.521	35,6	286
10/10/2018	0	2.724	0	139.521	34,7	286
11/10/2018	11	2.735	731	140.252	81,6	275
12/10/2018	11	2.746	701	140.953	84,1	264
13/10/2018	11	2.757	709	141.662	82,8	253
14/10/2018	14	2.771	878	142.540	85,8	239
15/10/2018	12	2.783	754	143.294	82,3	227
16/10/2018	12	2.795	799	144.093	84,1	215
17/10/2018	0	2.795	0	144.093	35,4	215
18/10/2018	11	2.806	527	144.620	65,7	204
19/10/2018	13	2.819	381	145.001	74,1	191
20/10/2018	15	2.834	444	145.445	41,7	178
21/10/2018	10	2.844	371	145.816	81,4	166
22/10/2018	12	2.856	600	146.416	42,1	154
23/10/2018	11	2.867	640	147.056	71,3	143
24/10/2018	11	2.878	696	147.752	79,5	132
25/10/2018	14	2.892	868	148.620	81,4	118
26/10/2018	14	2.906	802	149.422	81,6	104
27/10/2018	13	2.919	708	150.130	81,3	91
28/10/2018	24	2.943	1.485	151.615	83,9	67
29/10/2018	13	2.956	901	152.516	94,3	54
30/10/2018	5	2.961	348	152.864	89,8	49
31/10/2018	20	2.981	1.244	154.108	32,5	29
Média	12		709			
Total	362		21.260			

Si.mo.ne report

