

FABIANE MARIAH BISSANI

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA EM SISTEMA DE GERAÇÃO  
DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS, FOTOVOLTAICO E HÍBRIDO  
BIOGÁS E FOTOVOLTAICO, EM AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE**

CASCAVEL  
PARANÁ – BRASIL  
JULHO – 2022

FABIANE MARIAH BISSANI

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA EM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS, FOTOVOLTAICO E HÍBRIDO BIOGÁS E FOTOVOLTAICO, EM AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura – Mestrado, para obtenção do título de Mestre.  
Orientador: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira  
Coorientador: Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira.

CASCABEL  
PARANÁ - BRASIL  
JULHO – 2022

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Bissani, Fabiane Mariah  
AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA EM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BIOGÁS, FOTOVOLTAICO E HÍBRIDO BIOGÁS E FOTOVOLTAICO, EM AVIÁRIOS DE FRANGO DE CORTE. / Fabiane Mariah Bissani; orientador Jair Antonio Cruz Siqueira; coorientador Carlos Eduardo Camargo Nogueira. -- Cascavel, 2022.  
71 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Cascavel) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, 2022.

1. Sistema de Biodigestor. 2. Sistema Fotovoltaico. 3. Sistema Híbrido. 4. Avaliação Econômica. I. Siqueira, Jair Antonio Cruz, orient. II. Nogueira, Carlos Eduardo Camargo, coorient. III. Título.



**FABIANE MARIAH BISSANI**

Avaliação técnica e econômica em sistema de geração de energia elétrica com biogás, fotovoltaico e híbrido biogás + fotovoltaico, em aviários de frango de corte

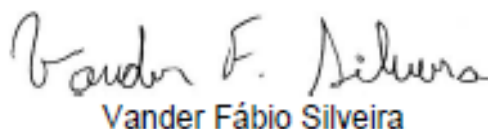
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Fontes Renováveis e Racionalização de Energia na Agroindústria e Agricultura, APROVADA pela seguinte banca examinadora



Orientador – Jair Antonio Cruz Siqueira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Reginaldo Ferreira Santos  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Vander Fábio Silveira  
Centro Estadual de Educação Profissional Pedro Boaretto Neto (CEEP)

Cascavel, 17 de agosto de 2022

*“Dedico a todos que acreditaram e estiveram ao meu lado nessa busca pela  
realização pessoal e profissional”*

## **AGRADECIMENTOS**

A minha família, que em cada dificuldade me encorajaram a me manter firme e nunca desistir de um sonho, além de incentivarem para que tudo isso acontecesse. Não há forma de agradecer por cada palavra de apoio.

A Camila, minha companheira de vida, pelo incentivo e carinho em todas as vezes que estive preocupada com resultados. Por me fazer querer ser motivo de orgulho para você, agradeço todos os dias.

Ao meu orientador Professor Jair Siqueira, por me tirar da minha zona de conforto e me incentivar a entrar no programa de mestrado. Por cada ensinamento e cobrança feita ao longo desses anos, meu muito obrigado.

Ao meu coorientador Professor Carlos Eduardo Nogueira, o Duda, que não cansou de ensinar. Pelo apoio e convívio ao longo dessa jornada.

Aos amigos, que estes não poderia citar individualmente porque certamente seria injusta com alguém, mas minha gratidão por cada palavra de força, incentivo e pelos momentos de descontração.

E por fim, a todos que de alguma forma estiveram junto e contribuíram para que tudo saísse do papel, obrigada por acreditarem em mim.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Equipamentos utilizados no aviário. ....	37
Tabela 2 Especificações Elétricas Módulo BYD PHK-36-Série-4BB. ....	38
Tabela 3 Especificações Elétricas Inversor Canadian Solar modelo CSI-20K-TL1P- GI-FL. ....	38
Tabela 4 Custo equipamentos sistema fotovoltaico. ....	39
Tabela 5 Custo total para a implantação do sistema fotovoltaico. ....	39
Tabela 6 Avaliação do Investimento no sistema fotovoltaico. ....	39
Tabela 7 Avaliação do Investimento no sistema do biodigestor. ....	42
Tabela 8 Avaliação do Investimento no sistema híbrido. ....	43
Tabela 9 Fluxo de caixa biodigestor. ....	45
Tabela 10 Fluxo de caixa sistema fotovoltaico. ....	46
Tabela 11 Fluxo de caixa sistema híbrido. ....	46



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

*Payback* descontado    Tempo de recuperação de uma aplicação financeira descontando o custo de capital nos fluxos de caixa.

*Inputs*                    Expressão da língua inglesa que significa entrada

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Indiano. ....	9
Figura 2 Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês .....	10
Figura 3 Modelo do biodigestor da Marinha. ....	11
Figura 4 Etapas metabólicas do processo de biodigestão anaeróbica em biodigestor.. .....	12
Figura 5 Diagrama esquemático de funcionamento dos sistemas de produção de biogás, biofertilizante e energia elétrica. ....	14
Figura 6 Células de silício monocristalino e policristalino.....	17
Figura 7 Célula fotovoltaica de filme fino.....	17
Figura 8 Sistema com células fotovoltaicas no telhado de aviário. ....	19
Figura 9 Ângulos característicos da radiação solar e das superfícies dos módulos..	20
Figura 10 Modelo inversor para sistemas on-grid. ....	22
Figura 11 Média de irradiação das componentes Global Horizontal, Direta Normal, Difusa e no Plano Inclinado na Latitude encontradas no Estado do Paraná por Mesorregião. ....	23
Figura 12 Campo Bonito - Paraná.....	25
Figura 13 Localização do Empreendimento (latitude 24° 54' 49" sul e longitude 53° 03' 37" oeste). ....	26
Figura 14 Hidrografia próxima à propriedade. ....	27
Figura 15 Detalhamento fatura concessionária energética. ....	28
Figura 16 Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas. ....	32
Figura 17 Irradiação Solar no Plano Inclinado – Campo Bonito, PR.....	33
Figura 18 Grupo gerador Enernac.....	41

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Precipitação e temperaturas município do experimento. ....	31
Gráfico 2 Representação gráfica payback descontado para o sistema fotovoltaico..	40
Gráfico 3 Representação gráfica payback descontado para o biodigestor. ....	42
Gráfico 4 Representação gráfica payback descontado para o sistema hibrido .....	44

BISSANI, Fabiane Mariah. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto, 2022. **Avaliação técnica e econômica em sistema de geração de energia elétrica com biogás, fotovoltaico e híbrido biogás+fotovoltaico, em aviários de frango de corte.** Professor Orientador: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

## RESUMO

O crescimento populacional atual resultou no decorrente aumento da demanda por alimentos, refletindo nos sistemas de produção, alterando os setores industriais e agropecuários. A avicultura, enquanto ramo na produção de alimentos, vem se destacando no cenário nacional nas últimas décadas, trazendo consigo a discussão sobre os impactos ambientais ligados à sua atividade. O Brasil tem hoje uma das produções avícolas mais desenvolvidas do mundo, é referência quando o assunto é proteína de frango de qualidade. Atualmente boa parte da energia é comercializada, e a obtenção da energia tem levantado à preocupação, pois esta obtenção está acontecendo de maneira desordenada e por vezes até irresponsável por sua obtenção causar vários eventos adversos ao meio que estão sendo empregadas. Energias renováveis são a opções indicadas para substituição dos combustíveis fósseis objetivando a geração de energia, quando comparados a outras fontes de energéticas, provocam um menor impacto ambiental e, reduzem o uso de produtos derivados do petróleo. Em locais mais isolados, onde ocorre a falta de combustíveis fósseis ou até mesmo a dificuldade de implantação de uma rede de distribuição de energia elétrica, as fontes renováveis acabam sendo uma alternativa para suprir essa carência energética. Outra maneira de gerar energia são as células fotovoltaicas, que nos últimos anos tem se destacado pela função de transformar energia solar em energia elétrica. Estas placas podem ser dispostas nos telhados dos aviários podendo captar a energia emitida pelo sol. Um sistema bem aplicado de geração de energia em aviários pode gerar energia suficiente para mais da metade do consumo necessário para a propriedade. Contudo por se tratar de fontes renováveis de energia deve-se levar em consideração que alguns eventos podem ocorrer no decorrer do tempo, como, mudança do clima, queda na produtividade avícola e manutenção dos sistemas geradores de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** sistema solar fotovoltaico; biodigestor; energia renovável.

BISSANI, Fabiane Mariah. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto, 2022. **Technical and economic evaluation of electric energy generation system with biogas, photovoltaic and hybrid biogas and photovoltaic, in broiler farms.** Professor Orientador: Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

## **ABSTRACT**

The current population growth resulted in the resulting increase in the demand for food, reflecting on production systems, altering the industrial and agricultural sectors. Poultry industry, as a branch of food production, has stood out on the national scene in recent decades, bringing with it the discussion of the environmental impacts linked to its activity. Brazil currently has one of the most developed poultry productions in the world, it is a reference when it comes to quality chicken protein. Currently, much of the energy is traded, and obtaining energy has raised concern, as this obtainment is happening in a disorderly and sometimes even irresponsible way, as its obtainment causes several adverse events to the environment being used. Over the years, the search for energy has increased along with population growth. Renewable energies are the indicated options for replacing fossil fuels aiming at generating energy, when compared to other energy sources, they cause a lower environmental impact and reduce the use of petroleum-derived products. In more isolated places, where there is a lack of fossil fuels or even the difficulty of implementing an electric energy distribution network, renewable sources end up being an alternative to supply this energy shortage. Another way to generate energy is photovoltaic cells, which in recent years have stood out for their function of transforming solar energy into electrical energy. These plates can be placed on the roofs of aviaries and can capture the energy emitted by the sun. A well-applied aviary power generation system can generate enough energy for more than half of the property's consumption. However, as these are renewable energy sources, it should be taken into account that some events may occur over time, such as climate change, drop in poultry productivity and maintenance of energy generating systems.

**KEYWORDS:** photovoltaic solar system; biodigester; renewable energy.

## ÍNDICE

<b>RESUMO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>4</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Avicultura brasileira .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2 Biodigestores .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Células fotovoltaicas sistema <i>On-Grid</i> .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Sistema híbrido com 50% biogás e 50% célula fotovoltaica .....</b>	<b>24</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Informações da localização da área experimental .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Custos e Características do Experimento .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Características climatológicas do local do experimento .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4 Dimensionamento dos sistemas .....</b>	<b>35</b>
<b>3.4.1 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico <i>On-Grid</i> .....</b>	<b>35</b>
.....	
<b>3.4.2 Volume do biodigestor .....</b>	<b>35</b>
<b>3.5 Determinação dos Custos .....</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Avaliação do Investimento e <i>Payback</i> descontado .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.1 Sistema fotovoltaico .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1.2 Biodigestor .....</b>	<b>42</b>
<b>4.1.3 Sistema Híbrido Biogás-Fotovoltaico .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2 Fluxo de Caixa .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2.1 Fluxo de Caixa Biodigestor .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2.2 Fluxo de Caixa Fotovoltaico .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.3 Fluxo de Caixa Híbrido .....</b>	<b>48</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>49</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional atual resultou no decorrente aumento da demanda por alimentos, refletindo nos sistemas de produção, alterando os setores industriais e agropecuários. A avicultura, enquanto ramo na produção de alimentos vem se destacando no cenário nacional nas últimas décadas, trazendo consigo a discussão sobre os impactos ambientais ligados à sua atividade (VICENTINI; OLIVEIRA, 2019).

O Brasil tem uma das produções avícolas mais desenvolvidas do mundo, é referência quando o assunto é proteína de frango de qualidade. Além da genética, nutrição, manejo aliados ao meio ambiente, o bem-estar animal é um dos pilares importantes e responsáveis pela rápida evolução do setor avícola (GEDOZ, 2014).

Segundo FILHO (2019), o sistema de compensação apresenta vantagens para produtores rurais referentes à expansão do sistema de distribuição, tendo em vista seus benefícios pela redução dos custos da produção, uma vez que a energia é um dos insumos mais caros. Traz consigo vantagens ambientais, relacionadas aos ganhos que o uso dos biodigestores e do biogás por eles produzidos, traz para o meio ambiente outras vantagens em termos de evitar a contaminação de solo, do lençol freático pelos dejetos e de evitar emissões para atmosfera pelo uso dos biodigestores e da sua queima para produção de energia elétrica, bem como aos ganhos relacionado ao uso de sistemas fotovoltaicos.

No Brasil existem diversas fontes primárias de geração de energia. Dessa forma, a geração distribuída no contexto atual surge como uma realidade de fonte de geração conectada à rede de distribuição (ALVES, 2019).

A energia está presente em várias ações do cotidiano, podemos observar a sua necessidade não só na cidade como também na área rural. Esta nas últimas décadas tem aumentado consideravelmente, destacando o aumento do consumo nas granjas para manter os aviários aquecidos.

Atualmente boa parte da energia é comercializada, e a obtenção da energia tem levantado à preocupação, pois esta obtenção está acontecendo de maneira desordenada e por vezes até irresponsável por sua obtenção causar vários eventos adversos ao meio que estão sendo empregadas (FERREIRA, 2014).

Em alguns casos, a combinação de diferentes fontes de energia renovável pode maximizar o desempenho técnico e o tempo de retorno em comparação com a utilização de fontes individuais. A diversificação da matriz energética e o crescimento da implantação da Geração Distribuída representam potenciais benefícios ao setor elétrico, entre eles, podem-se destacar (ANEEL, 2015b; AZEVEDO, 2017): postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição, baixo impacto ambiental, menor tempo de implantação, redução de carregamento dos condutores e, conseqüentemente, das perdas nas redes, melhora dos níveis de tensão em períodos de maior carregamento, aumento da confiabilidade do sistema e atendimento a comunidades rurais isoladas.

Da mesma forma que a avicultura tem grande demanda de consumo de energia ela também é capaz de gerar energia a partir de seus resíduos, como a cama de frango que quando processada formando o biogás pode gerar energia e ajudar no equilíbrio energético nas propriedades. Dessa forma a implantação de biodigestor, faz ser possível reaproveitar os dejetos de tal forma que os mesmos possam ser transformados em recursos renováveis (PASCHOAL, 2015).

Os biodigestores, tem se tornado um grande aliado do produtor rural, pois com a implantação deste em uma propriedade, os resíduos gerados terão uma destinação adequada, além de que, o processo de digestão anaeróbia ajuda o meio ambiente a destruir patógenos e parasitas, e que a digestão biológica ajuda a converter gases nocivos em energia (ZANIN, 2009). Desta forma o uso do biodigestor anaeróbio viabiliza de forma econômica, diminuindo gasto com energia e também de forma ambiental, onde retira um grande passivo ambiental do meio.

Primire (2019) aponta que, energias renováveis são as opções indicadas para substituição dos combustíveis fósseis objetivando a geração de energia, quando comparados a outras fontes de energéticas, provocam menor impacto ambiental e, reduzem o uso de produtos derivados do petróleo.

Outra forma de gerar energia são as células fotovoltaicas. Nos últimos anos, as células fotovoltaicas têm chamado a atenção por sua capacidade de converter energia solar em energia elétrica. Esses painéis podem ser colocados no telhado do aviário e podem captar a energia emitida pelo sol. Um sistema de geração de energia bem aplicado pode gerar energia suficiente para atender o consumo da propriedade.



Porém, por se tratar de fontes renováveis de energia, deve-se considerar que alguns eventos podem ocorrer ao longo do tempo, como mudanças climáticas, queda da produtividade avícola e manutenção dos sistemas de produção de energia.

No Brasil existem diversas fontes primárias de geração de energia. Dessa forma, a geração distribuída no contexto atual surge como uma realidade de fonte de geração conectada à rede de distribuição (AZEVEDO, 2017).

Sistemas híbridos bem projetados evitam desperdício de geração e contribuem para redução dos custos do kWh e de projeto, tornando a geração combinada mais competitiva em relação aos sistemas de geração tradicionais. Cada sistema híbrido deve ser adaptado para atender às necessidades de geração de energia e dos recursos energéticos específicos disponíveis no local (VIANA, 2009).

Quanto à composição do sistema de geração de energia a biogás, considerando que a alimentação do biodigestor possui uma fonte de produção de biomassa, não há necessidade de custos para a aquisição de matéria-prima. O biodigestor funcionara de forma otimizada, buscando o melhor aproveitamento do biogás, funcionando no momento em que for necessário, e o gerador funcionara quando não houver produção de energia solar.

Neste contexto, busca-se uma alternativa dentro dos princípios ambientais, para que o resultado da avicultura não comprometa ainda mais os recursos naturais, pois a falta de recursos financeiros dificulta a solução correta para os produtores rurais.

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. Objetivo geral

Realizar um estudo comparativo entre o custo necessário para a implantação dos sistemas de biodigestor, fotovoltaico e também um híbrido dos dois sistemas sendo 50% biodigestor e 50% painel fotovoltaico, bem como o tempo de retorno necessário para recuperar o investimento inicial. O objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação econômica causados pela operação de aviários na cidade de Campo Bonito – PR.

### 1.1.2. Objetivos específicos

- Estimar a produção energética do sistema de células fotovoltaicas e do sistema do biodigestor .
- Avaliar as possíveis adversidades que ambos os sistemas possam ter e deste modo propor um sistema híbrido.
- Realizar estudo de tempo necessário para retorno do investimento inicial.
- Calcular as variáveis econômicas: taxa interna de retorno (TIR), *Payback* descontado;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Avicultura brasileira

Segundo o Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná (Sindiavipar, 2019), a produção de frango tem crescido, graças a escassez de proteína animal e as crises sanitárias vividas por alguns países. Mais de 1,95 bilhões de aves foram produzidas no ano de 2020 no Paraná, em comparação ao ano de 2019 a alta foi de 4,34%, confirmando assim as estimativas de crescimento que eram de 4% a 6%.

A produção de carne de frango cresceu 3,64% no período 2009/2010 a 2019/2020 e, quanto às exportações, a previsão indica taxas de 4,16% ao ano. A expansão prevista para as exportações coloca o Brasil em posição de destaque no comércio mundial, mantendo assim a liderança na exportação (EMBRAPA, 2021).

A cama de aviário, também conhecida como cama de frango ou esterco de aviário, é o material constituído pelos dejetos, penas, restos de rações e pelo material orgânico absorvente da umidade, que é usado sobre o piso do galpão (cepilho de madeira ou maravalha, palhas, cascas). Durante o ciclo de produção, os dejetos das aves são misturados ao material usado como substrato e no final do ciclo, tem-se a cama de aviário, que pode ser reaproveitada no lote seguinte ou se tornar um resíduo (AVILA *et al.*, 1992). A cama de aviário visa auxiliar na redução das oscilações de temperatura do aviário, contribuindo para o conforto das aves.

Dentre os materiais que podem alterar a composição podemos citar o material utilizado, número de aves alojadas/m<sup>2</sup>, composição da dieta oferecida, idade e linhagem da criação, período do ano e número de lotes criados em uma mesma cama, quantidade do material de cobertura do piso do galpão, ventilação do galpão, nível de reutilização da cama e características das excretas das aves (FUKAYAMA, 2008).

Além disso, o descarte desse resíduo no ambiente, sem que o mesmo tenha passado por algum tipo de tratamento prévio, pode levar a sérios problemas de contaminação química e microbiológica do solo e da água, colocando em risco a qualidade de vida da população ao redor das unidades produtoras (ORRINCO, 2015).

Ainda segundo Orrinco, (2015), a reutilização da cama é uma necessidade para a sobrevivência da avicultura industrial, em função de dois aspectos fundamentais: o

custo de produção e a sustentabilidade ambiental. Com a reutilização evita-se o custo de aquisição de material de cama necessário para cobrir entre 5 a 10 cm de altura em toda a extensão dos pisos dos aviários.

A troca de cama na saída de cada lote criaria um passivo ambiental muito elevado, quando toneladas deste material teriam como destino áreas de lavoura sem condições de degradar e absorver seus ingredientes, comprometendo o lençol freático e as águas superficiais da região. Além disso, grandes áreas de florestas precisariam ser cortadas para gerar cama nova para substituição (FUKAYAMA, 2008). O custo para adquirir esta cama nova, presumivelmente, inviabilizaria a atividade que não teria condições de absorver novas despesas.

Por outro lado, a disponibilidade de fontes energéticas renováveis locais nestes sítios avícolas, como a solar e eólica, que conceitualmente podem ser consideradas como não limitantes para a sustentabilidade destes módulos de confinamento, proporcionam os meios e subsídios necessários para uma análise sobre o potencial técnico e econômico na geração distribuída de energia elétrica a partir de dispositivos de conversão a fontes renováveis conectados a rede convencional em aviários climatizados (NASCIMENTO, 2011).

O desafio está em proporcionar discussões e alternativas tendo por base o estabelecido de que, quanto menor os *inputs* de energia convencional no processo avícola e os custos ambientais não percebidos associados a estes energéticos centralizados, maior é a sustentabilidade e a produtividade nestes sistemas avícolas quando equipados com dispositivos de geração de energia elétrica complementar à fontes renováveis.

O potencial econômico destes arranjos ainda necessita o desenvolvimento de estratégias e cenários de mercado e políticas que proporcionem os meios necessários para o amadurecimento do potencial energético brasileiro a fontes renováveis (NASCIMENTO, 2011).

Os três fatores internos ambientais que basicamente definem o conforto de aves confinadas são: a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do ar que, também são considerados como fatores térmicos. A estes deve ser acrescentado a luminosidade e a qualidade do ar, entendido como a concentração de NH<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e outros, poeiras e carga microbiana, os quais tem efeito sobre o conforto ambiental dos animais (TINOCO, 2001).

## 2.2 Biodigestores

Os biodigestores, tem se tornado um grande aliado do produtor rural, pois com a implantação deste em uma propriedade, os resíduos gerados terão uma destinação adequada, além de que o processo de digestão anaeróbia ajuda o meio ambiente a destruir patógenos e parasitas, e que a digestão biológica ajuda a converter gases nocivos em energia (ZANIN, et.al. 2009).

Segundo ZANIN et.al (2009) a digestão biológica anaeróbia ajuda a minimizar o impacto negativo no meio ambiente, reduzindo assim os riscos ambientais e melhorando a qualidade de vida.

Deve-se ressaltar ainda que a avicultura exige um alto consumo energético, porém os resíduos oriundos das camas de frango tem um alto potencial de serem transformados em energia, contribuindo para o equilíbrio energético e viabilidade econômica e ainda responsabilidade ambiental.

A cama de aviário está sendo produzida em grande quantidade, devido ao crescente aumento da avicultura de corte nos últimos anos. Este crescimento da produção tem como uma de suas bases a alta tecnificação dos galpões, o que significa maior dependência energética e econômica destes sistemas. A biodigestão, ou digestão anaeróbia, se mostra como uma boa alternativa, por apresentar melhores resultados com os resíduos (EMBRAPA, 2015).

As camas de frango podem ser utilizadas para produção de biogás (LUCAS; SANTOS, 2000). O biogás é constituído por 60% CH<sub>4</sub>, 38% CO<sub>2</sub> e 2% da mistura entre vapor de água, NH<sub>3</sub> e H<sub>2</sub>S, sendo que estes dados podem variar dependendo do substrato utilizado na biodigestão.

Conforme relata COLDEBELLA (2006), a utilização do biogás como insumo energético, deve-se principalmente ao gás metano (CH<sub>4</sub>), estando este último, puro e em condições normais de pressão e de temperatura, pode obter um poder calorífico de aproximadamente 9,9kWh/m<sup>3</sup>, ainda o biogás, como produto final, com um teor de metano entre 50 e 80%, terá um poder calorífico entre 4,95 e 7,92 kWh/m<sup>3</sup>.

O biogás pode ser utilizado como fonte de energia na granja para queimar em aquecedores ou combustível de motores de combustão interna para geração de energia elétrica. Os efluentes da fermentação anaeróbia e os resíduos sólidos deste processo podem ser utilizados como fertilizantes (FLECK et AL, 2018).

Existem diversos modelos de biodigestores e condições de operação (LUCAS; SANTOS, 2000). No entanto, poucos produtores utilizam digestão anaeróbia como método de tratamento de resíduos avícolas devido aos custos de instalação, dificuldades no pré-tratamento e na operação dos fermentadores (TURNELL et al., 2007). Porém, com os altos custos do gás propano e a necessidade de encontrar alternativas de energia renovável, existe interesse em retomar esta tecnologia na granja.

Os aditivos podem melhorar o aproveitamento dos alimentos e reduzir a excreção de nutrientes. PRAES (2013) ao avaliar aditivos (*Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, fitase, protease e xilanase) em dietas de frangos de corte, sobre a biodigestão anaeróbia, das camas de aviário observou que os biodigestores com o tratamento com protease, fitase, xilanase e probiótico tiveram maior produção de biogás e metano, e aumentou os potenciais de produção para sólidos totais e voláteis adicionados e reduzidos e que, a adição das enzimas testadas na dieta de frangos de corte influencia a cama, e, conseqüentemente, aumenta a produção de biogás.

As tecnologias mais utilizadas para cama de aviário segundo o Manual de Manejo Ambiental de Cama de Aviário (PALHARES, 2008), são o uso de biodigestores, compostagem e incineração. Entre estas três tecnologias destacadas, os biodigestores são capazes de gerar energia que pode ser convertida para o uso na própria produção.

Os biodigestores são sistemas impermeáveis, totalmente fechados, onde não ocorre à entrada de ar, da mesma forma que não ocorre à saída do gás produzido. No interior é depositado o material orgânico que irá acontecer à fermentação anaeróbica, onde por meio de processos bioquímicos tem-se a formação de gases, principalmente metano e dióxido de carbono, e também como subproduto o biofertilizante (MAGALHÃES, 1986). Para a geração de energia, ocorre a conversão de energia química que é proveniente dos gases formados pela fermentação da biomassa em meio controlado na presença de bactérias para energia mecânica, proveniente da combustão controlada dos gases formados. A qual ativa um gerador que produz energia elétrica.

Perante a crise do petróleo na década de 70, buscou-se a implantação de novas fontes de energia no Brasil, como a digestão anaeróbica. Porém devido a falta de estudo na época os benefícios obtidos do biogás e do biofertilizante não foram

suficientes para os programas propostos pelo governo continuar (BOLETIM ENFOQUE, 1999). A Índia e a China foram os primeiros países a utilizarem a biodigestão de forma mais intensa com a finalidade de gerar energia. Estes desenvolveram seus próprios modelos de biodigestores (NOGUEIRA, 1986).

O modelo Indiano é caracterizado por possuir uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras que possibilita que o material circule por todo o interior da câmara de fermentação. Possuindo pressão de interior de operação constante, se o gás produzido não tem um consumo de imediato, o gasômetro desloca-se verticalmente aumentando o volume deste, assim mantendo a pressão constante (DEGANUTTI; PALHACI; ROSSI; TAVARES, 2002). É de fácil construção, porém o custo pode ser elevado pelo gasômetro ser de metal e distância da propriedade geradora do resíduo até o biodigestor. A figura 1 mostra o modelo do biodigestor Indiano.

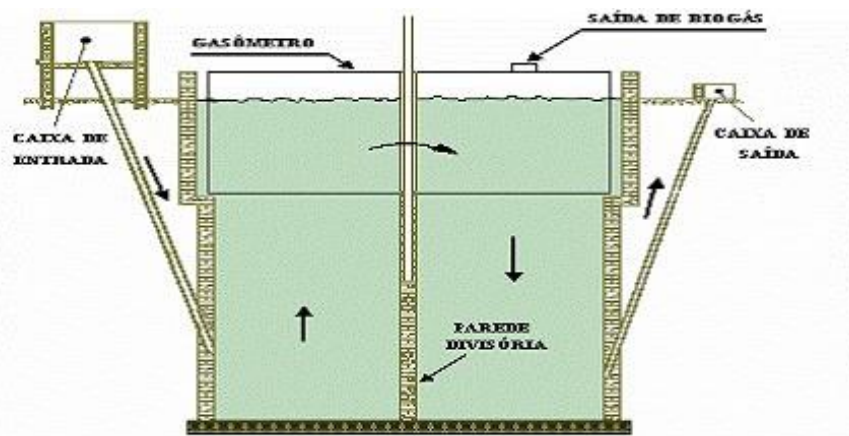


Figura 1 - Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Indiano.

(BENINCASA; ORTLANI; LUCAS JUNIOR, 1990).

Já o modelo chinês é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria para a fermentação, com teto impermeável, onde ocorre o armazenamento do biogás. Tem seu funcionamento parecido com o sistema de prensa hidráulica, conforme aumenta a pressão no seu interior com o acúmulo de biogás, resulta no deslocamento da biomassa da câmara de fermentação para a caixa de saída, e no sentido contrário quando ocorre descompressão (DEGANUTTI; *et.al.* 2002).

Por ser constituído quase totalmente em alvenaria, dispensa o uso de gasômetro em chapa de aço, deste modo reduz os custos, porém se a estrutura não

é bem vedada e impermeabilizada pode ocorrer o vazamento de biogás. Neste modelo uma parte de gás formado na caixa de saída é liberado para a atmosfera, reduzindo a pressão interna. Com isto os biodigestores deste modelo não são utilizados para instalações de grande porte (DEGANUTTI; *et.al.* 2002). A Figura 2 mostra a vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês.

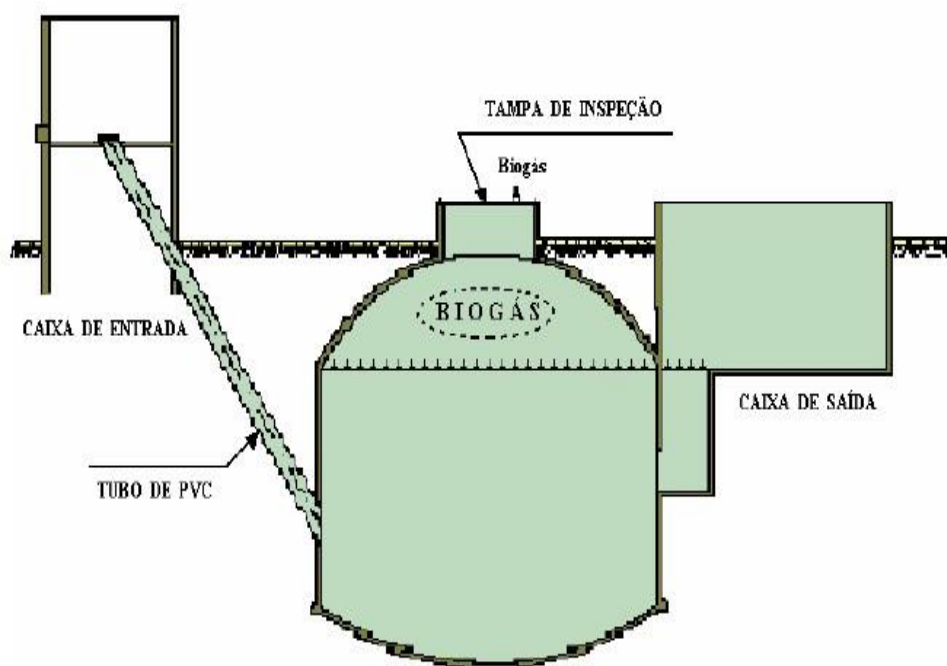


Figura 2 Vista frontal, em corte, do biodigestor modelo Chinês

(DEGANUTTI; *et.al.* 2002).

O Instituto de Pesquisa da Marinha Brasil (IPQM), na década de 70 realizou estudos sobre biodigestores e desenvolveu o próprio biodigestor. É de base quadrangular, com paredes revestidas por lona impermeável e uma cúpula de lona preta que infla coma a produção de gás sendo também impermeável. Por ser um modelo mais raso e longo garante maior produtividade de gás por massa fermentada (SOUZA; PEIXOTO; TOLEDO, 1995; BARRERA, 2003).

Estes modelos com cobertura em lona de PVA, em substituição às campânulas (Metálicas ou de fibra de vidro), tem ganhado maior espaço em virtude do menor custo e facilidade de implantação. Outra vantagem é que a cúpula pode ser removida assim possibilitando a manutenção e limpeza do biodigestor quando necessário. Na figura 3 pode ser observado o modelo de biodigestor da marinha.



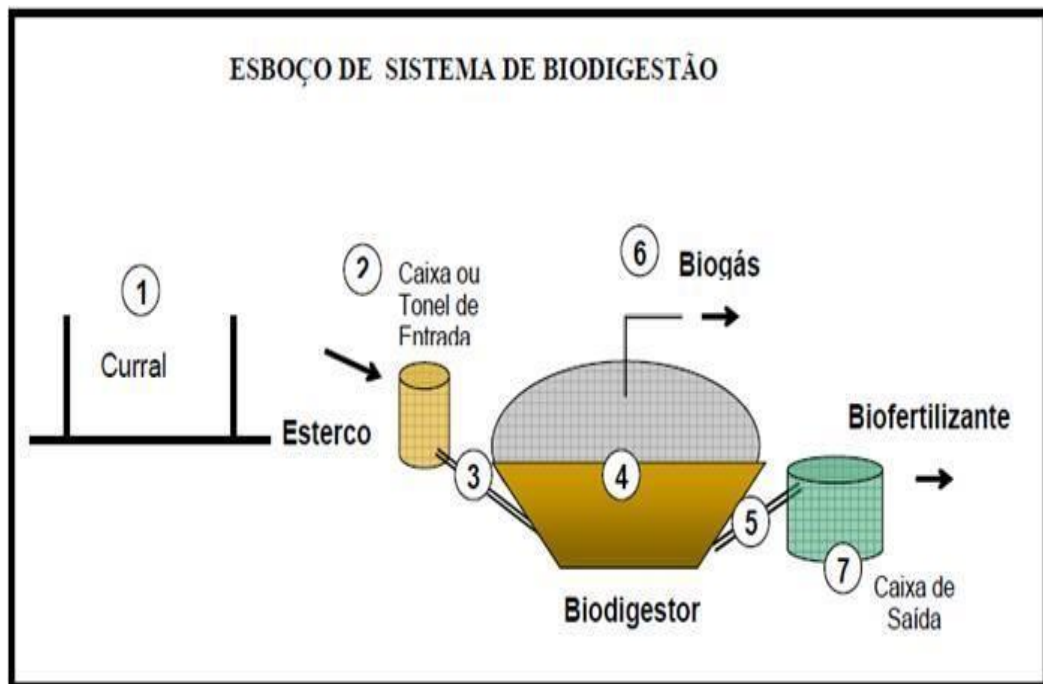


Figura 3 Modelo do biodigestor da Marinha.

Fonte: TORRES, 2012

Segundo NOGUEIRA (1986), o biodigestor é uma câmara completamente fechada, e o fluxo de resíduos gerado é direcionado diretamente para a câmara, para que o oxigênio não ocorra e ocorra o processo de digestão anaeróbica.

ZANIN *et.al* (2009) enfatiza que, o biodigestor consiste basicamente em uma caixa impermeável com lona própria para armazenamento de resíduos, e o processo é feito de forma rotativa. Portanto, a matéria orgânica entra pelo lado onde ocorre a fermentação anaeróbica sem ar.

Por meio do processo de digestão biológica, o objetivo é converter o gás metano em dióxido de carbono, reduzindo o impacto negativo no meio ambiente.

De acordo com a Figura 4, pode se observar como acontecem as etapas da biodigestão anaeróbica em um biodigestor.

A figura mostra o processo de conversão de materiais orgânicos em gases que podem ser utilizados para performance, processo esse que trará benefícios ao meio ambiente, pois, por meio dele, gases nocivos à atmosfera, como o metano, podem ser reduzidos.

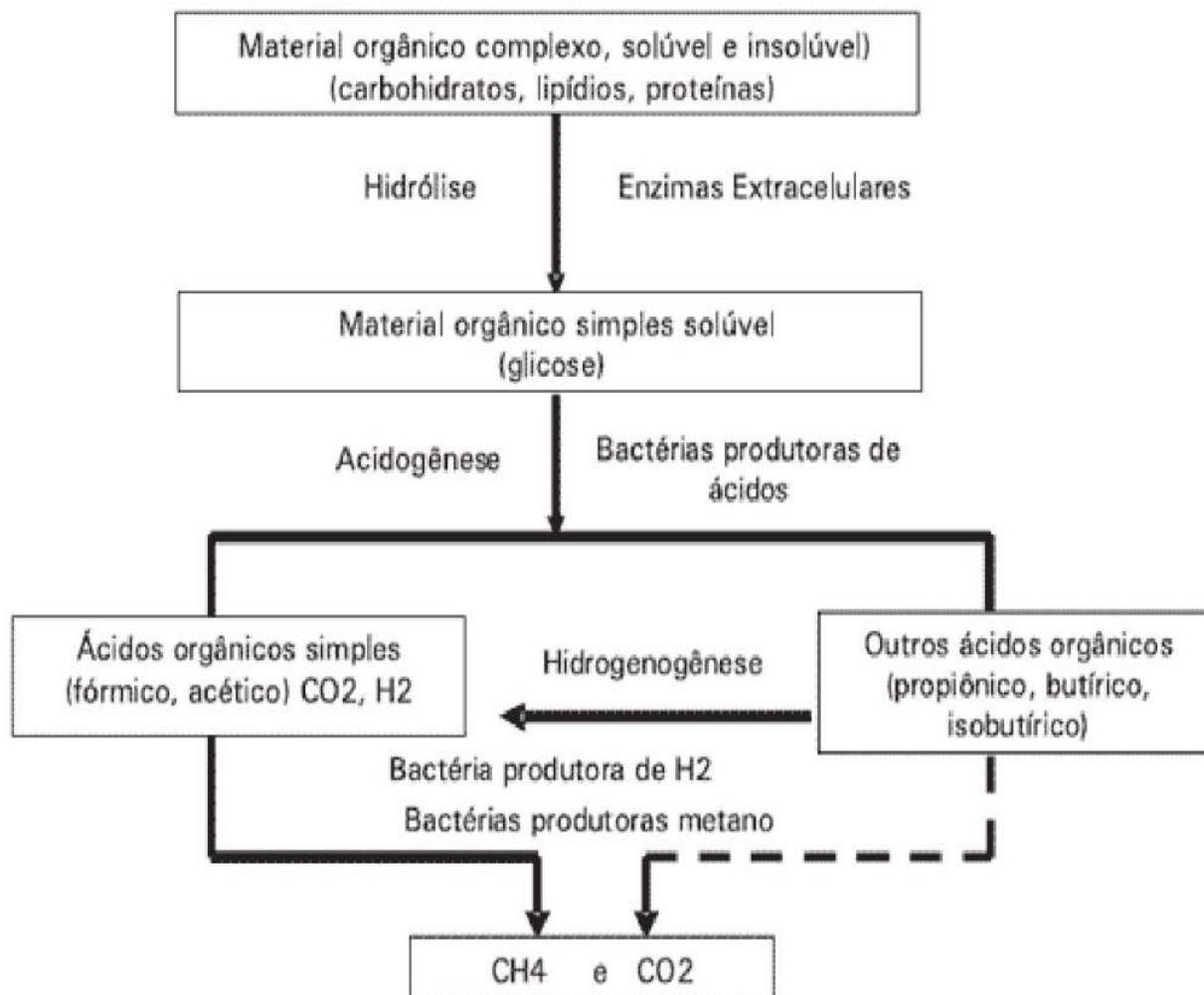


Figura 4 Etapas metabólicas do processo de biodigestão anaeróbica em biodigestor.

Fonte: BiodieselBR; (2016)

SOUZA *et al.* (2013) apresentam um estudo sobre a microgeração de energia elétrica em uma propriedade rural, usando o biogás como fonte primária, a partir de resíduos de suinocultura, na região de São Miguel do Iguazu - Paraná, Brasil. Nesta propriedade, são utilizados dois biodigestores para a produção de biogás, cuja conversão elétrica é feita em um grupo motor-gerador de 100 kVA. Com uma média de 4.672 animais alojados, cerca de  $554 \text{ Nm}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$  de biogás foram usados na geração de  $847 \text{ kWh} \cdot \text{dia}^{-1}$  de eletricidade, sendo o excedente incinerado. O consumo específico médio de biogás no grupo motor-gerador foi de  $0,68 \text{ m}^3 \cdot \text{kWh}^{-1}$  e sua eficiência, de 22,21%. O custo da produção de energia elétrica utilizando o biogás foi de  $0,053 \text{ US} \$ \cdot \text{kWh}^{-1}$  e o custo da eletricidade do fornecedor, de  $0,062 \text{ US} \$ \cdot \text{kWh}^{-1}$ .

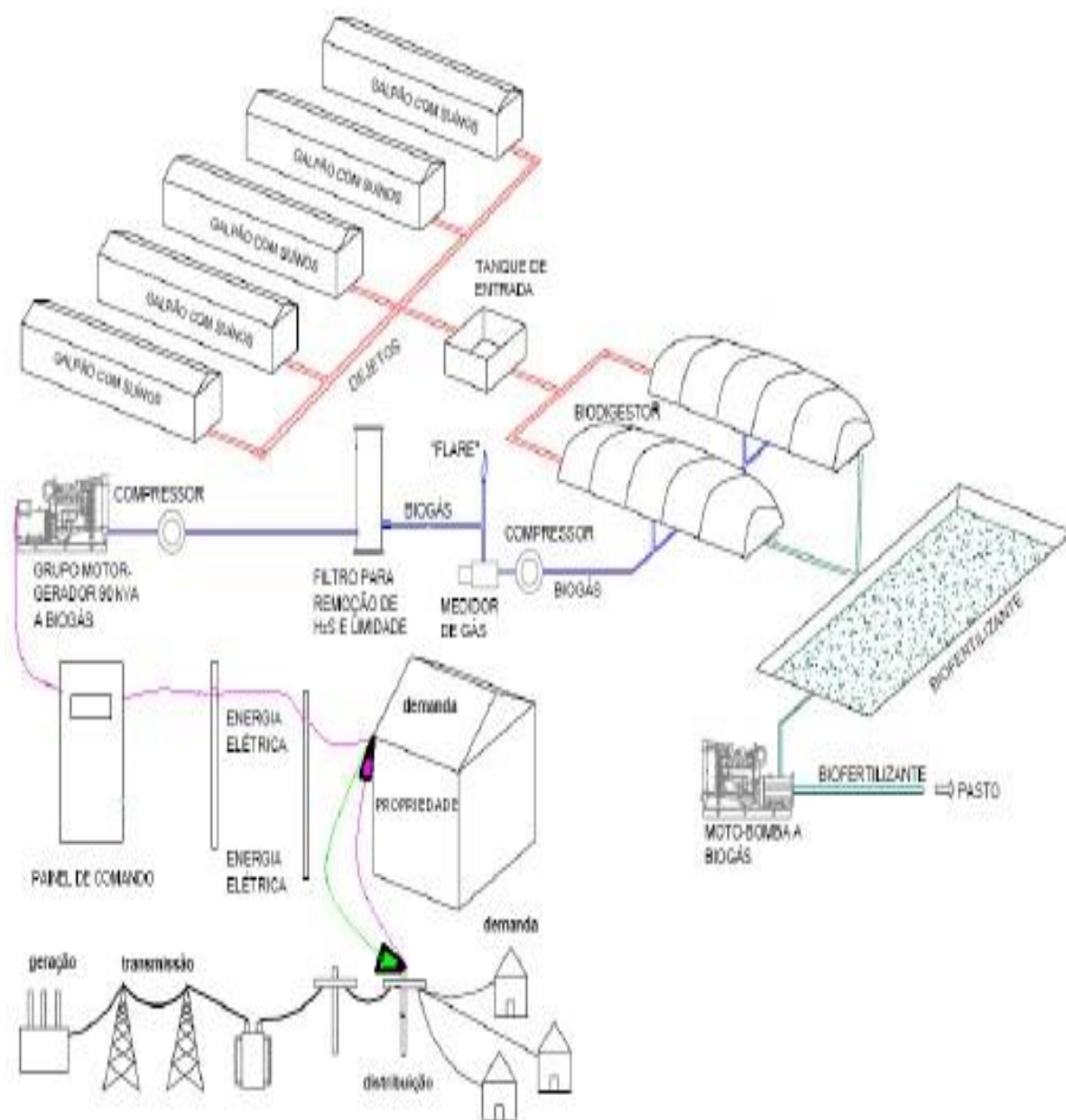
PORTUGAL-PEREIRA *et al.* (2015) apresentam um estudo que quantifica os resíduos agrícolas e agroindustriais para geração de energia elétrica via combustão

direta em usinas de energia no Brasil. Os resultados revelam que o potencial de geração sustentável é de quase 141 TWh.ano<sup>-1</sup>, concentrado principalmente no Sul, Sudeste e Centro Oeste do país. Por outro lado, o potencial econômico é muito menor, contabilizando para 39 TWh.ano<sup>-1</sup>. A mitigação total de GEE ( Gás de Efeito Estufa) é de quase 18 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e pode chegar a 64 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano se considerado o potencial técnico. A diferença entre potencial técnico e econômico implica que as restrições à bioenergia não estão relacionadas à falta de recursos, mas associados a barreiras econômicas, logísticas, regulatórias e políticas.

A biomassa, como fonte de combustível renovável, é definida por SOUSA (2012) como sendo material biológico de organismos vivos ou que até recentemente eram vivos. Como fonte de energia renovável, ela pode ser usada de forma direta ou indireta, sendo convertida em biocombustíveis. De acordo com o autor, a geração de energia através da biomassa residual vem sendo muito empregada, com destaque para a geração originada por aterros sanitários municipais, resíduos de indústrias, lodos de esgoto e gases de aterros.

As propriedades agrícolas estão se preocupando recentemente com o aumento de seus custos de produção e manutenção, causados pelos acréscimos dos valores de tarifa de energia elétrica. Além disso, o custo com fertilizantes também tem aumentado. Isto, somado à poluição causada pelos dejetos das atividades agrícolas, cria um cenário para que os agricultores possam avaliar a opção de autoprodução de energia elétrica a partir dos dejetos (FILHO, 2019).

De acordo com NOGUEIRA (2004), existem diversos processos de conversão da biomassa, sendo que a digestão anaeróbica, por ser um processo simples de conversão, não precisa de elevadas temperaturas. O processo ocorre em biodigestores e utiliza dejetos de animais como fonte de biomassa (Figura 5).



**Figura 5 Diagrama esquemático de funcionamento dos sistemas de produção de biogás, biofertilizante e energia elétrica.**

Fonte: Adaptado de NISHIMURA (2009).

O biogás é um gás resultante da fermentação anaeróbica de dejetos de animais, resíduos vegetais, lixo industrial ou residencial, em condições adequadas. É constituído principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Geralmente o biogás apresenta em torno de 50% a 80% metano e PCI entre 4,95 e 7,92 kWh/m<sup>3</sup>, sendo o restante composto na maior parte por dióxido de carbono e alguns outros gases, porém, em menores concentrações (COLDEBELLA,2006).

Por se tratar de um país tropical, o Brasil, apresenta um enorme potencial para produção de biomassa vegetal, além de produzir resíduos industriais e dejetos gerados pela atividade agroindustrial. A região oeste de Paraná destaca-se pela produção gerada pelas agroindústrias, porém, com o aumento da demanda e conseqüentemente o aumento da produção, a geração de esterco, seja ele de bovinos, suínos, aves ou de qualquer outro tipo de animal vem se tornando um sério problema ambiental. Estes dejetos são importantes matérias-primas para produção de biogás, um combustível semelhante ao gás natural que pode ser convertido em energia elétrica, térmica ou mecânica dentro da própria propriedade, reduzindo os custos de produção. A eficiência dos sistemas de cogeração varia em função da composição do biogás e do equipamento utilizado para conversão, podendo chegar a 38%, que equivale a 2,0 a 2,5 kWh por m<sup>3</sup> de biogás. (COLDEBELLA,2006).

### 2.3 Células fotovoltaicas sistema *On-Grid*

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF,2007).

Célula fotovoltaica é um dispositivo elétrico que, através do efeito fotovoltaico, converte a energia luminosa em eletricidade. Para que esta carga seja utilizável, várias células fotovoltaicas são conectadas entre si, formando a menor unidade de geração prática de energia solar, chamado módulo fotovoltaico (MF).

O sistema fotovoltaico *on-grid*, também chamado de *grid-tie*, precisa, necessariamente, estar conectado à rede de distribuição de energia dispensando assim a utilização das baterias e dos controladores de carga. Nesse sistema, os inversores terão, além da função tradicional de converter a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), a função de sincronizar o sistema com a rede pública (BOHN, 2019).

Com isso, o relógio medidor de energia elétrica gira no sentido contrário e esse excedente é convertido em créditos de energia, que podem ser utilizados em momentos onde a demanda é maior que a produção, dentro de um período de até 36 meses (JUNIOR, 2019).

Existem três tipos principais de células fotovoltaicas: silício monocristalino, silício policristalino e filme fino ou silício amorfo. O aprimoramento das técnicas de produção, a fabricação em larga escala e a diminuição do preço do silício, tornaram as células de silício cristalizado campeãs de mercado, sendo assim, as mais utilizadas para sistemas fotovoltaicos (BLUESOL, 2012; WIKIENERGIA, 2009).

O silício é o material semicondutor mais utilizado atualmente para confecção das células fotovoltaicas, sendo ele o segundo elemento mais abundante do planeta terra. O silício é explorado de diversas formas: monocristalino, policristalino e amorfo. Entretanto, outros materiais estão sendo testados para esta aplicação, as células de filmes finos são um exemplo disso, as quais possuem eficiência energética menor, se comparadas as de silício convencional, porém o seu custo no processo de fabricação é menor (NASCIMETO, 2004).

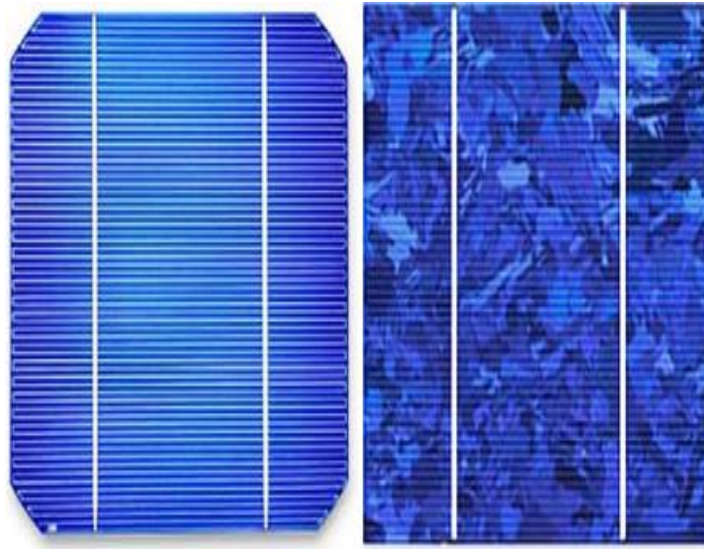
Os principais tipos de células fotovoltaicas são apresentados a seguir:

- **Silício Monocristalino:** são denominados assim devido a estrutura homogênea em toda sua extensão. Para fabricação de célula fotovoltaica é essencial que o silício apresente elevado grau de pureza, na ordem de 99,99% (MME, 2012).

As células monocristalinas costumam ter aparência azul escura ou preta, dependendo do tipo de tratamento antirreflexivo que a mesma recebeu. São o tipo de célula mais eficiente disponível comercialmente, atingido eficiências na faixa de 15 a 18%, porém, possuem custos maiores de produção se comparada a outros tipos de células. Estas células são rígidas e quebradiças, para que possam ser utilizadas elas devem ser montadas em módulos para que adquiram resistência mecânica (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- **Silício policristalino:** diferente das células monocristalinas, estas são produzidas através de moldes especiais por fusão de silício. O processo formará uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais, desta forma, os átomos não se organizam em um único cristal (NASCIMETO, 2004).

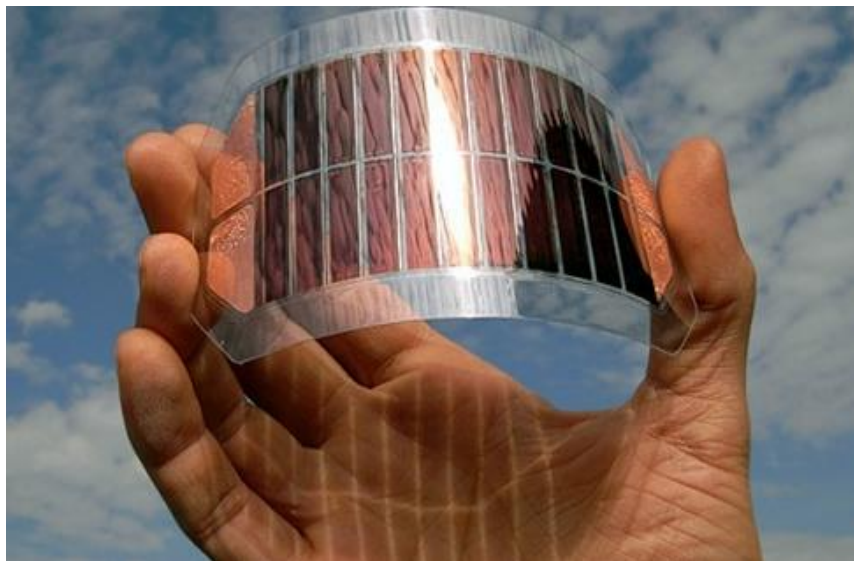
Em termos de eficiência de conversão da luz solar em eletricidade, comparada as células monocristalinas, é ligeiramente menor (NASCIMETO, 2004). As células policristalinas têm eficiências comerciais em torno de 13 a 15%, porém seu custo de fabricação é menor que o das células monocristalinas o que acaba compensando essa redução de eficiência (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Na Figura 6 é mostrado a diferença visual entre a célula monocristalina e policristalina.



**Figura 6 Células de silício monocristalino e policristalino.**

Fonte: MME, 2012.

- **Filme fino:** Camada de material semicondutor na forma de plasma sobre uma superfície flexível ou rígida (vidro), a qual servirá como base ou apoio para o material semicondutor. O acabamento é feito com a cobertura de vidro ou outro material transparente. Essa configuração corresponde ao módulo de filme fino. Na Figura 8 é mostrado um exemplo de filme fino.



**Figura 7 Célula fotovoltaica de filme fino.**

Fonte: ITSOLAR, 2019.

A diferença básica entre as células mono e policristalinas se dá no seu processo de fabricação. Enquanto a monocristalina é formada por apenas uma semente de monocristal de silício, a policristalina, como o próprio nome já diz, tem, em sua formação, vários cristais. Os vários cristais aumentam as perdas por recombinação, o que torna as células de silício monocristalino mais eficientes (BLUESOL, 2012). De acordo com Energia Tecsolar (2015), as células monocristalinas são tipicamente 10% a 15% mais eficientes do que suas homólogas policristalinas, porém, seu processo de fabricação custa cerca de 20% a mais.

As células fotovoltaicas são uma tecnologia de geração de energia limpa, ou seja, com quase total ausência de emissões de poluente, além de demandar de pouca manutenção. O gerador é composto por módulos onde se dispõem as células fotovoltaicas que geram energia elétrica na forma de corrente contínua quando a luz solar incide sobre elas. No Brasil este tipo de energia começou a se difundir recentemente, porém na Europa ela já é responsável por 74% da demanda (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2010).

Com esta tecnologia destacam-se alguns benefícios, não há a necessidade de redes de transmissão podendo assim gerar energia em lugares remotos onde redes de transmissão não passam. Pelo lado ambiental, não ocorre nenhuma interferência no meio onde é disposta. Porém dificilmente é possível atingir totalmente as condições ótimas para a geração de energia.

Em períodos chuvosos, nublados, ou até mesmo em horários em que não há incidência da luz do sol, esta capacidade pode sofrer perda considerável. A figura 6 mostra de maneira ilustrativa, um modelo de células fotovoltaicas no telhado de aviário, esta tecnologia possibilita que metade da energia necessária para aquecer os aviários seja de fonte limpa e renovável assim diminuído o custo com energia elétrica na propriedade (PORTAL SOLAR, 2018).





**Figura 8 Sistema com células fotovoltaicas no telhado de aviário.**

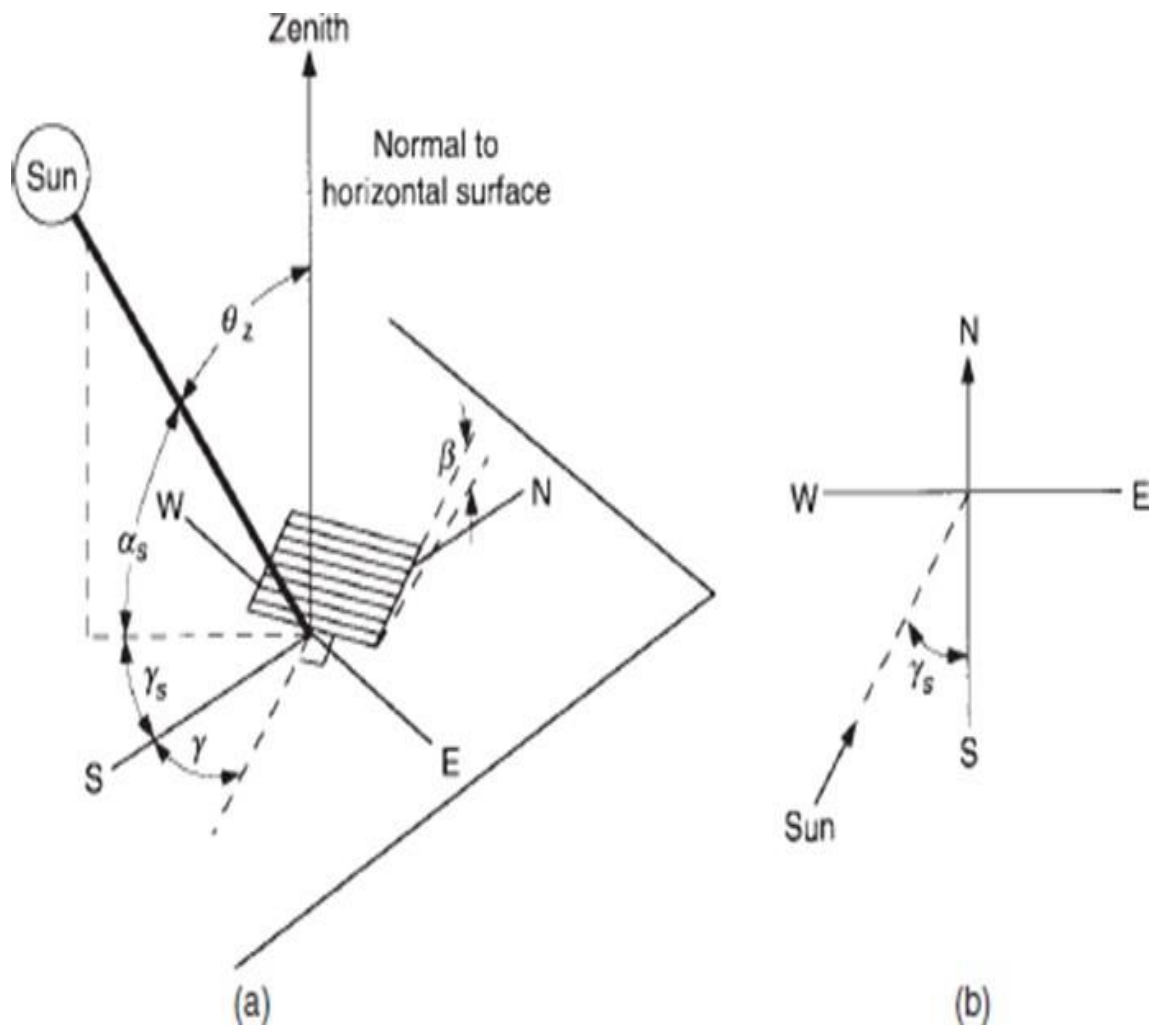
Fonte:Portal Solar (2018).

O melhor aproveitamento do sistema fotovoltaico varia de acordo com sua melhor instalação, sendo assim a intensidade da radiação solar, denominada de irradiância ( $W/m^2$ ), é definida pela densidade de potência que incide sobre uma superfície plana perpendicular aos raios solares. O Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, elaborado pelo CRESESB (2014), apresenta as relações geométricas entre a incidência dos raios solares e a geometria da terra através de ângulos, que devem ser levados em conta para definir a radiação incidente em determinado local:

- Ângulo Zenital ( $\Theta_z$ ): Ângulo formado entre os raios solares e a vertical (Zênite)
- Altura Solar ( $\alpha$ ): ângulo compreendido entre o raio solar e sua projeção sobre um plano horizontal;
- Ângulo Azimutal do Sol ( $\gamma_s$ ): ângulo entre a projeção do raio solar no plano horizontal e a direção Norte-Sul. Obedece à mesma convenção acima;
- Ângulo de azimutal da superfície ( $\gamma$ ): ângulo formado entre os raios do Sol e a normal à superfície de captação;
- Inclinação ( $\beta$ ): ângulo entre o plano da superfície em questão e a horizontal; e

- Ângulo de incidência da Superfície ( $\Theta$ ): ângulo formado entre os raios do Sol e a normal à superfície de captação.

A Figura 9 mostra a posição do sol em relação ao plano horizontal (ângulos  $\Theta_z$ ,  $\alpha_s$  e  $\gamma_s$ ) e a orientação de uma superfície inclinada em relação ao mesmo plano (ângulos  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma_s$  e  $\Theta$ ).



**Figura 9** Ângulos característicos da radiação solar e das superfícies dos módulos.

Fonte: Solar Engineering of Thermal Processes (DUFFIE; BECKMAN, 2013).

Cada hora solar corresponde a um deslocamento de 15°. Quanto mais distante de 90° a radiação estiver em relação à superfície, menor seu valor. Sendo assim, as horas do dia interferem diretamente na energia que será gerada.

Conforme prescrito em CRESESB (2014), a radiação solar que atinge a superfície terrestre e incide sobre uma superfície receptora para geração de energia

pode ser dividida em uma componente direta, que é aquela que provém diretamente da direção do sol e produz sombras nítidas, e uma componente difusa, que é proveniente de todas as direções e que atinge a superfície após sofrer espalhamento sobre a superfície terrestre.

Além destas duas, se a superfície estiver inclinada em relação à horizontal, haverá uma terceira componente, chamada de Albedo, que representa a parcela refletida pelo ambiente do entorno (solo, vegetação, rochas, entre outros), considerada no valor de 20%.

Em se tratando da avicultura de corte, um dos maiores custos associados à atividade está relacionado ao consumo de energia elétrica, pois sua utilização em larga escala e os constantes reajustes tarifários da energia influenciam significativamente nas despesas do avicultor. Neste contexto, sistemas fotovoltaicos são alternativos interessantes para aproveitamento da vasta área útil disponível e da radiação solar (NASCIMENTO, 2011).

Em razão da variação de temperatura no decorrer do ano, além das elevadas temperaturas da região, os aviários são equipados com sistema de climatização que garantem, internamente, a temperatura adequada no espaço para o alojamento das aves, mesmo que ocorram, no ambiente externo, grandes variações ao longo do ano (BALDIN, 2013). Deve-se ressaltar que, no verão, o sistema de ventilação de um aviário poderá funcionar 100% do tempo no período diurno e durante boa parte da noite (ABREU et al., 2000).

O aproveitamento da energia solar para produção de energia elétrica é uma das alternativas promissoras para os próximos anos, pois é considerada uma energia renovável, sustentável e inesgotável. De acordo com dados da ANEEL (2019), a matriz energética brasileira conta atualmente com produção de energia solar de cerca de 2,2 GW de potência instalada, o que representa aproximadamente 1,2% de toda a matriz.

Comparado ao restante do mundo, esta tecnologia ainda tem muito espaço para crescimento no Brasil, uma vez que o clima tropical e a incidência de radiação são favoráveis (SILVA, et al, 2019).

No que se refere à forma de operação, de acordo com Silva (2017), os sistemas fotovoltaicos são classificados como sistemas isolados da rede elétrica (off-grid) e sistemas conectados à rede (on-grid ou grid-tie). Os primeiros são utilizados em áreas

mais remotas ou em locais onde o custo de conexão à rede elétrica é elevado, enquanto o segundo pode ser utilizado para substituir ou complementar a energia da rede elétrica.

Para o funcionamento do sistema fotovoltaico é indispensável o uso do inversor que é o dispositivo eletrônico responsável por fornecer energia elétrica em corrente alternada – CA, a partir da energia elétrica, gerada pelos módulos solares fotovoltaicos, em corrente contínua – CC. A energia CC pode ser proveniente, como por exemplo, módulos fotovoltaicos, baterias ou células a combustível. As cargas a serem alimentadas devem receber tensão CA de saída em frequência, conteúdo harmônico e amplitude adequadas. Os sistemas conectados à rede elétrica deverão sincronizar a tensão de saída do inversor com a tensão da rede elétrica (CEPEL – CRESESB, 2014).

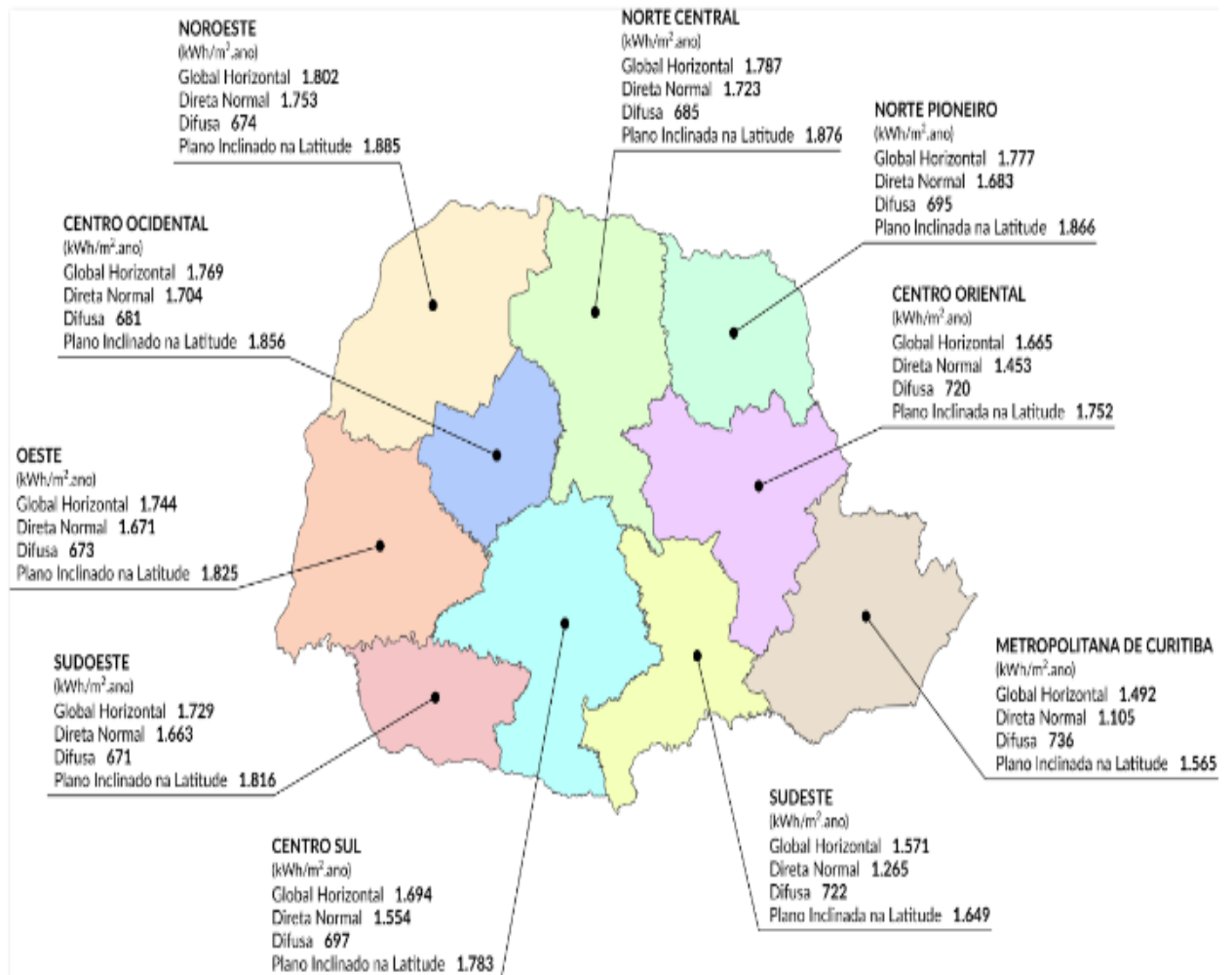
Os inversores *on-grid*, são feitos para trabalhar conectados permanentemente com a rede, por conta disso devem ser capazes de fornecer a corrente alternada, além de detectar qualquer anomalia que apareça na rede, como flutuações de tensão ou de frequência, e principalmente as quedas de tensão. Em casos de ausência de energia da rede o equipamento desliga automaticamente, evitando pôr em risco o serviço de manutenção (TONIN,2017).



**Figura 10 Modelo inversor para sistemas on-grid.**

Fonte: Intelbras,2022.

Em termos de Estado do Paraná, a irradiação média do total anual: global horizontal: 1.705kWh/m<sup>2</sup>.ano; direta normal: 1.560kWh/m<sup>2</sup>.ano; difusa: 695kWh/m<sup>2</sup>.ano; plano inclinado na latitude: 1.789kWh/m<sup>2</sup>.ano (TIEPOLO, 2018).



**Figura 11 Média de irradiação das componentes Global Horizontal, Direta Normal, Difusa e no Plano Inclinado na Latitude encontradas no Estado do Paraná por Mesorregião.**

Fonte: Atlas de energia solar do Estado do Paraná , 2018.

#### 2.4 Sistema híbrido com 50% biogás e 50% célula fotovoltaica

A utilização de sistemas híbridos para produção de energia elétrica, a partir de diferentes fontes de energias renováveis (solar, eólica e biomassa), tem ganho cada vez mais destaque em razão da maior confiabilidade conferida pela utilização de mais de uma matriz energética, embora os custos iniciais de investimentos sejam maiores em alguns casos (FILHO, 2019).

Sistemas híbridos (SH) consistem de duas ou mais fontes geradoras de eletricidade. Normalmente uma ou mais fontes convencionais e uma ou mais fontes renováveis como, por exemplo, captação de energia solar em conjunto com geradores diesel e captação de energia eólica (BARBOSA; PINHO; PEREIRA, 2004). SHs objetivam-se em promover a economia de combustível e obter uma fonte confiável de suprimento de energia e podem estar ou não conectados à rede de distribuição.

O uso destes sistemas está se tornando popular para promover a autonomia na geração de energia em locais isolados graças aos avanços nas tecnologias de energia renovável e de conversores eletrônicos usados para converter a energia não regulada, gerada a partir de fontes renováveis, em energia útil para a carga final. A característica importante de um SH é combinar duas ou mais tecnologias de geração de energia, de modo a permitir o melhor uso de suas características operacionais e obter ganhos mais elevados daqueles obtidos a partir de uma única fonte energética, embora possam apresentar desvantagens como limitações em termos de flexibilidade de combustível, eficiência, confiabilidade, emissões e economia (BAJPAI; DASH, 2012).

Apesar das vantagens apresentadas quanto à utilização de sistemas híbridos para produção de energia elétrica, tecnologias com esta característica apresentam um alto grau de complexidade na fase de dimensionamento e de análise financeira, pois a quantidade de parâmetros a serem avaliados torna o processo de planejamento energético consideravelmente mais trabalhoso (SILVA, 2013).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Informações da localização da área experimental

O trabalho será realizado com os dados coletados em uma granja localizada no município de Campo Bonito - PR, zona rural, na localidade de Sertãozinho, cerca de 18km do centro do município, conforme exposto na Figura 6. A localização geográfica é definida pelas coordenadas de latitude 24° 54' 49" sul e longitude 53° 03' 37" oeste, com altitude aproximada de 580m acima do nível do mar.

O início da operação da granja para a engorda foi em 2015. Em 2021 está previsto o início da operação de um biodigestor.



**Figura 12 Campo Bonito - Paraná**

Fonte: Google images (2022)

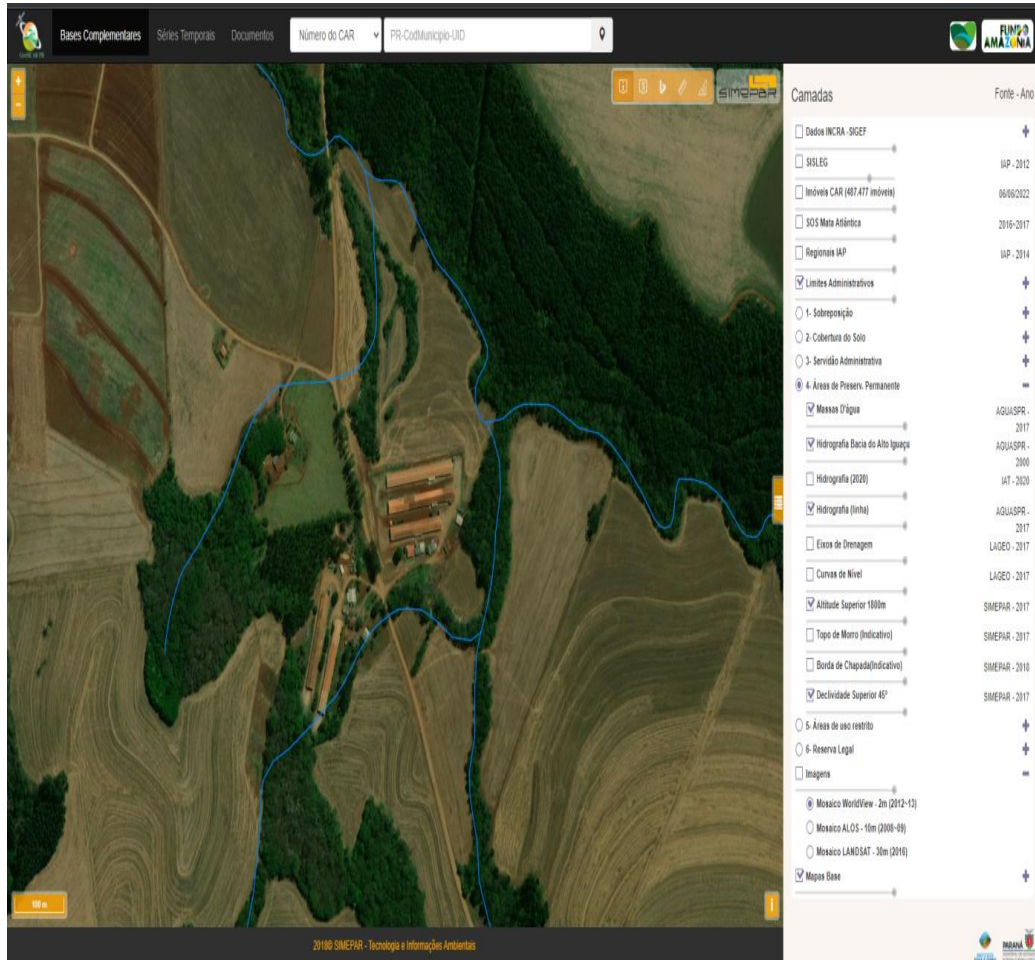




**Figura 13 Localização do Empreendimento (latitude 24° 54' 49" sul e longitude 53° 03' 37" oeste).**

Fonte: Google Earth (2020)





**Figura 14 Hidrografia próxima à propriedade.**

Fonte: Simepar (2022)

Quanto à caracterização do empreendimento, trata-se de três aviários, dois com dimensões de 120 x 20 m cada um, e outro com 100 x 20 m que recebem aves para engorda, com tempo estimado de 40 dias de alojamento. A princípio, a cama de aviário é substituída com a média de nove lotes.

De acordo com a demanda do resíduo, o modelo adequado de biodigestor seria o sistema de batelada, porém, está sendo feito de forma contínua, com um biodigestor do modelo indiano. O rebaixamento da cama de aviário é feita a cada três lotes, onde 5cm é retirada e utilizada para alimentar o biodigestor. Após o tempo máximo de uso para a cama, ela é retirada completamente para sua substituição. Para isso será construído um galpão para armazenamento com área de 200m<sup>2</sup> e capacidade de armazenamento de 800 toneladas, para que fique em condições de uso. O tempo estimado de armazenamento é de seis meses.

Para suprir a demanda dos aviários que será abastecido pela energia do biodigestor e das células fotovoltaicas, será necessária a produção mensal de 9.159 kWh e para a demanda total da propriedade faz-se necessário uma produção média de 9.765 kWh em todo o sistema. Com os valores de tarifas de R\$ 0,491750 para a energia elétrica de consumo e 0,196700 para o consumo reservado, somado com o consumo, os valores a pagar acabam sendo onerosos para o produtor.

<b>Histórico de Consumo</b>		
<b>Mês</b>	<b>kWh</b>	<b>D</b>
06/2021	6043	1
05/2021	6100	1
04/2021	9138	1
03/2021	6022	1
02/2021	5686	1
01/2021	8178	1
12/2020	6257	1
11/2020	6270	1
10/2020	4305	1
09/2020	6398	1
08/2020	6274	1
07/2020	1119	1

**Figura 15 Detalhamento fatura concessionária energética.**

Fonte: Concessionária de Energia

### 3.2 Custos e Características do Experimento

A análise tradicional dos custos de produção de frango de corte considera desde o recebimento dos pintainhos de um dia pelo produtor até a entrega dos frangos vivos para a agroindústria. Os custos do produtor parceiro da agroindústria são apenas

aqueles que efetivamente são de sua responsabilidade. Para a agroindústria, por exemplo, são de sua responsabilidade os pintainhos de um dia, a ração, os medicamentos e a assistência técnica entre outros. Os custos estimados para o produtor, podem ser efetivamente representados pelo capital investido, energia elétrica e térmica, mão-de-obra e cama de frango.

Embora os dados obtidos em estudos sobre o consumo e custo de energia em aviários não sejam absolutos, uma vez que estes dados dependem de uma série de fatores como, nível de tecnologia dos equipamentos, qualidade construtiva do aviário, períodos do ano avaliados e região do Brasil avaliada, os dados proporcionam aos avicultores subsídios para a elaboração de estratégias de conservação de energia e redução nos custos energéticos operacionais do aviário.

As configurações básicas construtivas dos sistemas de confinamento de frangos de corte proporcionam os parâmetros iniciais para uma análise dos índices econômicos demandados pelo processo de produção dessas aves. Neste sentido, foi desenvolvido um estudo para a região de Concórdia em 2010 pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRAPA) visando uma consolidação dos custos envolvidos na produção de frango de corte, onde caracteriza a configuração básica para o empreendimento, neste caso o aviário do tipo convencional é o utilizado e se caracteriza por um tamanho de 1.200m<sup>2</sup>, piso de chão batido, comedouro tubular, bebedouro nipple, aquecimento à lenha, sistema de ventiladores e climatização evaporativo positivo, forro, cortinas e um silo metálico elevado para armazenamento de ração;

A cama de aviário é um material distribuído (considerado no estudo uma espessura de 10 cm) em um galpão avícola para servir de leito aos animais e, irá receber excreções, penas e restos de ração.

De acordo com SALOMOM E TIAGO FILHO (2007), para se produzir um metro cúbico (m<sup>3</sup>) de biogás, é necessário: 25 Kg de esterco fresco de bovino; ou 2,3 Kg de esterco seco de galinha; ou 2,86 Kg de esterco seco de suíno; ou 2,5 Kg de resíduos secos de vegetais.

A intervenção das atividades de avicultura no meio ambiente é responsável pela geração de resíduos diversos, muitas vezes responsáveis pela descaracterização da paisagem, alteração da cobertura vegetal e outros efeitos ambientais adversos relacionados aos meios físico, biótica e antrópico (MONTEIRO, 2009).

Os resíduos dos aviários podem ser tanto um recurso como um poluente, no entanto o manejo adequado destes resíduos com altos conteúdos de nutrientes possibilita impacto ambiental reduzido. Estes resíduos têm o potencial de poluir águas superficiais e o lençol freático. Os resíduos avícolas podem aumentar os nutrientes minerais, as substâncias orgânicas que demandam oxigênio, materiais em suspensão e em algumas ocasiões micro-organismos patogênicos (SEIFFERT, 2000).

O trabalho será desenvolvido a partir de dados observados em levantamento bibliográfico e prático referente à geração de energia renovável na avicultura. O estudo será baseado no custo de implantação de sistemas de aproveitamento do biogás, das células fotovoltaicas, e um híbrido destes dois métodos.

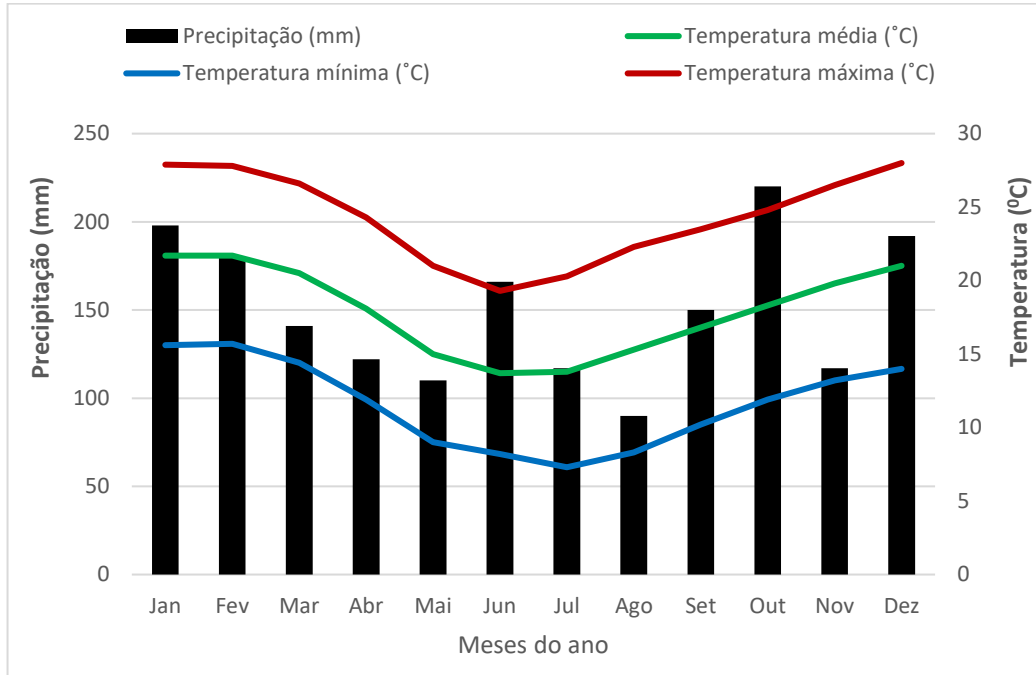
Para a análise econômica, será estimada a geração de biogás, em função do período de geração de energia, o volume de camas de frangos necessárias e o tempo de captação da luz do sol necessária para atender a demanda da propriedade.

Também será avaliado o tempo de retorno do investimento inicial, que será feito por cálculos considerando o período de tempo, a tarifa de energia elétrica da propriedade, o custo de implantação e manutenção para funcionamento.

### 3.3 Características climatológicas do local do experimento

Considerando as condições do clima local, as características das variáveis meteorológicas, obtidas com base nos dados da Estação Climatológica de Campo Bonito do INMET (2013-2018), são:

- Apresenta clima quente e temperado. Existe uma pluviosidade significativa ao longo do ano em Campo Bonito, o mês mais seco ainda assim tem muita pluviosidade cerca de 80mm. Segundo a Köppen e Geiger o clima é classificado como Cfb, com temperatura média de 18.0 °C . A média anual de pluviosidade é de 1804 mm .
- Temperatura: com média de 18°C, o mês mais quente é janeiro, com temperatura média de 26,39°C e máxima de 30,88°C, no mês de janeiro. As temperaturas mais baixas ocorrem no mês de julho, quando a temperatura mínima chega a 14,91°C.



**Gráfico 1 Precipitação e temperaturas município do experimento.**

Considerando os dados de radiação solar para as coordenadas do experimento, obtidas com base nos dados do programa SunData (2021), tem-se:

Latitude: 24,913611° S  
Longitude: 53,060278° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Campo Bonito	Campo Bonito	PR	BRASIL	24,901° S	53,049° O	1,8	6,28	5,58	5,24	4,36	3,42	3,00	3,24	4,23	4,43	5,22	6,06	6,37	4,78	3,37
<input checked="" type="checkbox"/>	Braganey	Braganey	PR	BRASIL	24,901° S	53,149° O	9,1	6,29	5,58	5,21	4,33	3,40	3,00	3,23	4,23	4,41	5,20	6,02	6,36	4,77	3,36
<input checked="" type="checkbox"/>	Campo Bonito	Campo Bonito	PR	BRASIL	25° S	53,049° O	9,7	6,26	5,56	5,17	4,32	3,38	2,99	3,24	4,24	4,39	5,19	6,00	6,29	4,75	3,30

### Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas

24,913611° S, 53,060278° O

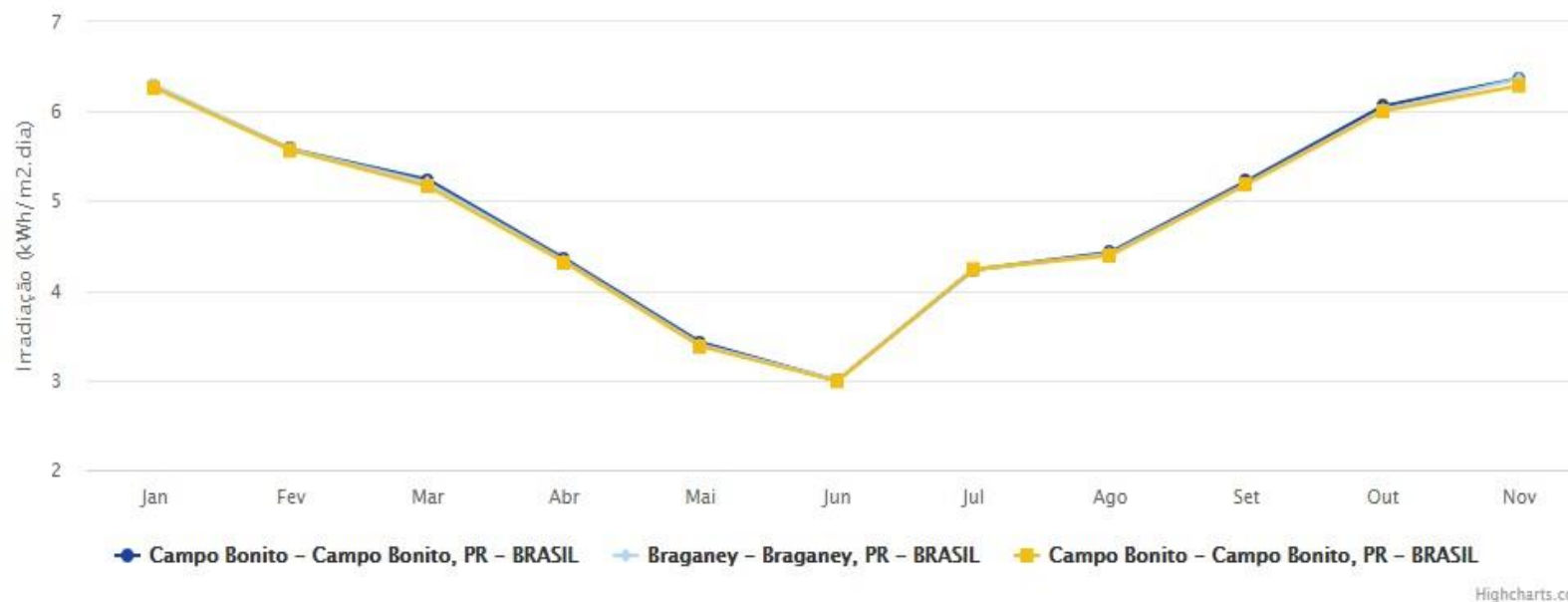


Figura 16 Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas.

Fonte: Cresesb, 2021

### Cálculo no Plano Inclinado

**Estação:** Campo Bonito  
**Município:** Campo Bonito, PR - BRASIL  
**Latitude:** 24,901° S  
**Longitude:** 53,049° O  
**Distância do ponto de ref. ( 24,913611° S; 53,060278° O ) :** 1,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	6,28	5,58	5,24	4,36	3,42	3,00	3,24	4,23	4,43	5,22	6,06	6,37	4,78	3,37
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	25° N	5,62	5,32	5,44	5,03	4,33	3,96	4,22	5,13	4,76	5,11	5,52	5,61	5,00	1,66
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	5,77	5,41	5,46	4,97	4,22	3,84	4,10	5,03	4,75	5,17	5,65	5,77	5,01	1,93
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	45° N	4,63	4,62	5,06	5,06	4,60	4,33	4,56	5,30	4,55	4,54	4,61	4,55	4,70	,98

### Irradiação Solar no Plano Inclinado – Campo Bonito–Campo Bonito, PR–BRASIL

24,901° S; 53,049° O

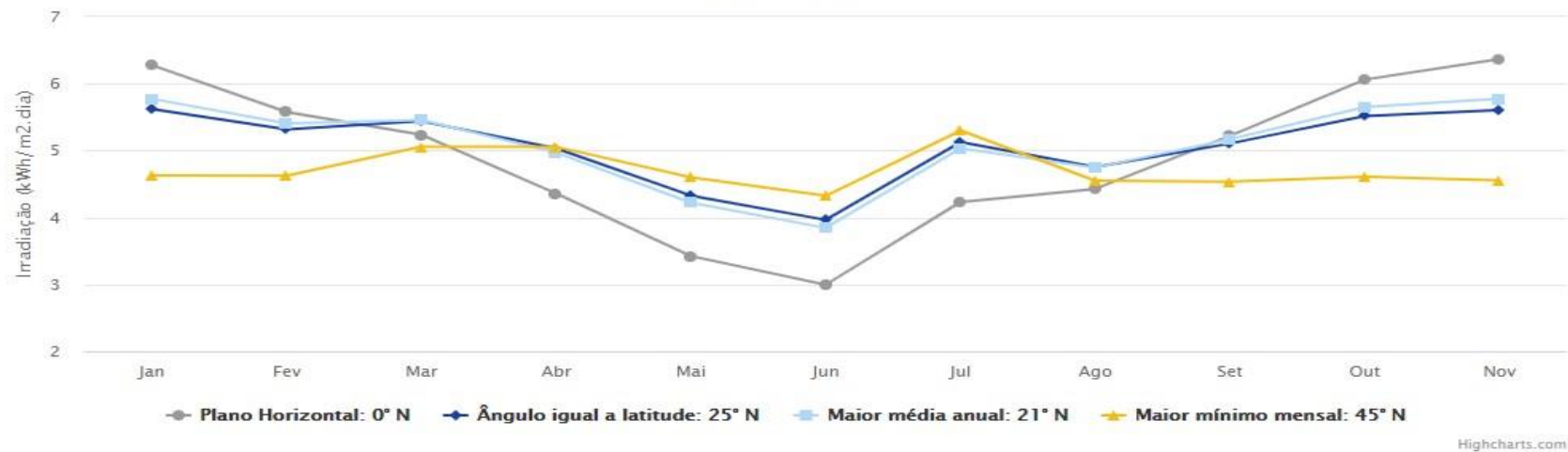


Figura 17 Irradiação Solar no Plano Inclinado – Campo Bonito, PR

Fonte: Cresesb, 2021

### 3.4 Dimensionamento dos sistemas

#### 3.4.1 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico *On-Grid*

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede, foi utilizada a metodologia proposta por Pinho e Galdino (2014). De posse dos dados da demanda energética que se pretende suprir, calcula-se a potência do gerador.

O número de módulos em série deve obedecer a equação 1:

$$n^{\circ} \text{ módulos em série } \cdot VocTmin < Vima$$

Onde:

$VocTmin$  = Tensão em circuito aberto de um módulo na menor temperatura prevista [V]

$Vimax$  = Máxima tensão em corrente contínua admitida pelo inversor [V]

O inversor foi escolhido em função do número de módulos necessário para suprir a demanda energética.

#### 3.4.2 Volume do biodigestor

Para o cálculo do volume do biodigestor é fundamental saber a carga diária, sendo usada a equação 2.

$$c_d = \frac{\text{Volume}}{\text{dia}}$$

$$c_d = \frac{18000}{90}$$

$$c_d = 200 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Utilizando a Equação 3, é possível calcular o volume do biodigestor, em que o volume da carga diária é igual a 200,0 m<sup>3</sup>/dia, os tempos de retenção hidráulica iguais a 2 e 5 dias, para a fase acidogênica e metanogênica, respectivamente. Logo,

$$VB = C_d * THR$$

$$VB = 200 * 7$$

$$VB = 1400 \text{ m}^3$$



Está sendo construído um biodigestor com volume de 1500 m<sup>3</sup>. Sendo subdivido em 400,0 m<sup>3</sup> a câmara acidogênica e 1100,0 m<sup>3</sup> a câmara metanogênica.

Para se calcular as dimensões do biodigestor, ou seja, sua altura (H) e seu diâmetro (D), utilizou-se a Equação 4, em que  $V = VB$ .

$$V = \pi d^2 H$$

$$1400 = \pi d^2 H$$

É importante citar que existe uma faixa ótima aceitável para a relação D/H. Para o caso estudado, visto que trata-se de um grande biodigestor, volume maior que 10 m<sup>3</sup>, essa razão deve ser igual a 1. Com esse valor é possível proporcionar uma maior eficiência de fermentação e também evita com que a altura não dificulte a escavação. Os valores utilizados para o diâmetro e a altura foram de 10,0m.

A altura  $H = 10,0$  m é denominada de altura útil,  $H_u$ , ou seja, aquela que confere ao cilindro o volume planejado. Porém, devemos determinar a altura real,  $H_r$ , que é calculada adicionando-se a altura útil o equivalente ao desnível decorrente da pressão  $P$ , mais 0,1m para evitar o transbordamento da mistura, em decorrência de agitação ou turbulência durante o carregamento. Para esse tipo de biodigestor é fixado um acréscimo de 0,25 m. Assim a altura real será igual a 10,25 m.

### 3.5 Determinação dos Custos

Para calcular os custos para a construção do biodigestor e para a implantação do sistema fotovoltaico, foram considerados todos os custos iniciais do produtor, que incluem: aluguel de maquinário, material de construção, mão de obra e equipamentos para o biodigestor e para o sistema fotovoltaico *on-grid* incluíram: os módulos fotovoltaicos, inversores e *string box*, junção para perfil de alumínio, estrutura de alumínio adequada ao telhado, material elétrico, serviços de instalação do sistema e projeto solar fotovoltaico.

O levantamento se dará pela média de preço do mercado de cada componente do sistema e pela média do valor de hora/máquina e média de preço da mão de obra.

Avaliação econômica de cada um dos sistemas dimensionados, foi utilizado o tempo de retorno descontado (payback descontado), que retorna o prazo necessário para o investimento começar a gerar retorno financeiro (ELETROBRÁS, 2009).

A viabilidade econômica e os custos de cada sistema foram avaliadas através do *payback* descontado e seus resultados foram apresentados através de tabelas ,que permitem avaliar de forma independente cada sistema.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação do Investimento e *Payback* descontado

#### 4.1.1 Sistema fotovoltaico

Para o cálculo da quantidade de painéis foi levado em conta os equipamentos necessários no aviário descritos abaixo e conseqüentemente o consumo energético para seu funcionamento, sendo utilizada a equação 1 para obter essa quantidade.

<b>Equipamentos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência (cv)</b>
Motor (comedouros)	8	0,55
Motor (silo)	1	1
Motor (Fornalha)	2	4,5
Motor (desidratador de aves)	1	1
Exaustores	6	1,5
Exaustores	14	1
Lâmpadas Incandescentes	169	0,08
Bomba (pad cooling)	1	1
Bomba (nebulização)	1	1
Bomba (Arco sanitário)	1	1
Bomba submersa (poço)	1	3,5
Bomba (filtro)	1	1
Bomba (dosadora)	1	1
Circulador (ventilador)	4	0,5

Tabela 1 Equipamentos utilizados no aviário.

Obteve-se um total de 114 painéis fotovoltaicos, com base no modelo de módulo escolhido para ser empregado. Com uma potência nominal de 330 Wp, selecionou-se o módulo PHK-36-Série-4BB, da fabricante BYD.


	Tipo de Módulo	330PHK-36
	Tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ )	45,19 V
	Tensão máxima de funcionamento ( $V_{mp}$ )	37,83 V
	Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ )	9,20 A
	Corrente de potência de pico ( $I_{mp}$ )	8,72 A
	Potência máxima em STC ( $P_{max}$ )	330 Wp
	Eficiência do módulo	16,70 %
	Temperatura de operação	-40 °C ~ 85 °C

Tabela 2 Especificações Elétricas Módulo BYD PHK-36-Série-4BB.

Para a utilização dos painéis é necessário à utilização de um inversor para fazer a conexão com a rede. E para a escolha deve-se levar em consideração a compatibilidade com a potência total do painel fotovoltaico. Desta forma foi escolhido o inversor Canadian Solar 20 kWp, modelo CSI-20K-TL1P-GI-FL, com tensão de saída de 220 V. Sendo necessários dois inversores para atender a quantidade de painéis.


	Inversor	CSI-20K-TL
	Máxima tensão de entrada CC	1000 V
	Tensão de partida	350 V
	Faixa de tensão CC	200-800 V
	Máxima corrente de entrada	40 A
	Potência nominal de saída CA	20 kW
	Máxima corrente de saída	52,5 A
	Máxima eficiência	97 %

Tabela 3 Especificações Elétricas Inversor Canadian Solar modelo CSI-1,5K-TL.

Com os preços médios dos modelos escolhidos para o sistema foram elaboradas as tabelas 4 e 5, que tratam dos valores dos equipamentos e valor de mão de obra para a instalação.

Para a avaliação do investimento do sistema fotovoltaico *on-grid* incluíram: os

módulos fotovoltaicos, inversores e *string box*, junção para perfil de alumínio, estrutura de alumínio adequada ao telhado, material elétrico, serviços de instalação do sistema e projeto solar fotovoltaico. Foi desconsiderado o valor gasto para limpeza, uma vez que o aviário conta com funcionário fixo e não será necessário contratar. Será realizada a limpeza duas vezes ao ano para não diminuir a eficiência do sistema.

Com os resultados obtidos na tabela 6, onde o IL (Índice de Lucratividade) é maior que 1, mostrando assim que o projeto é viável. Sendo ainda reforçado pelos valores encontrados de TIR (Taxa Interna de Retorno) e VPL (Valor Presente Líquido).

On-grid	Equipamento	Custo	Quantidade	Total
	Inversor	10164,99	2	20.329,98
	Painel	940,1	114	107.171,40
	TOTAL			127.501,38

Tabela 4 Custo equipamentos sistema fotovoltaico.

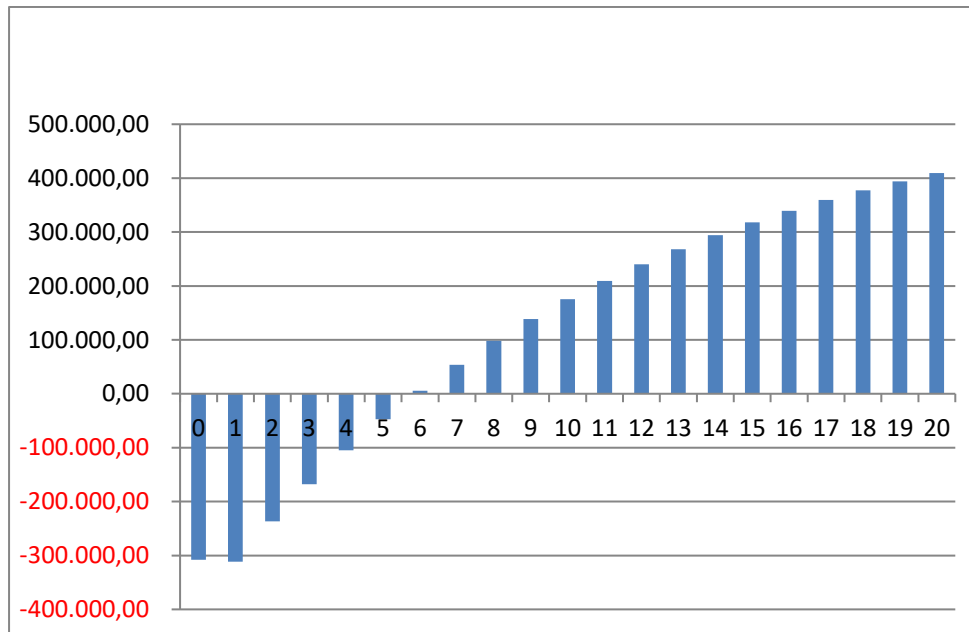
Mão de obra	180.676,03
Equipamentos	127.501,38
TOTAL	308.177,41

Tabela 5 Custo total para a implantação do sistema fotovoltaico.

<b>Avaliação do Investimento</b>			
<b>Investimento Inicial</b>	<b>R\$308.177,41</b>		
<b>Preço da Energia Elétrica</b>	<b>R\$17,50</b>		
<b>TIR</b>	<b>23,02%</b>	maior que a TMA	= projeto viável
<b>VPL</b>	<b>R\$409.206,91</b>	maior que zero	= projeto viável
<b>RBC (ou IL)</b>	<b>2,33</b>	maior que 1	= projeto viável
<b>Payback desc (anos)</b>	<b>15 anos (vide gráfico)</b>		

Tabela 6 Avaliação do Investimento no sistema fotovoltaico.

O sistema opera em média de 08 horas por dia, podendo apresentar variações devido às condições climáticas e apresentou resultado positivo no sexto ano após a sua implantação conforme representado no gráfico 3 e levando em conta as tarifas atuais da concessionária. Sendo assim o investimento se mostrou vantajoso e viável.



**Gráfico 2 Representação gráfica payback descontado para o sistema fotovoltaico.**

#### 4.1.2 Biodigestor

O sistema instalado é de um biodigestor de mistura completa, alimentado pela cama de aviário. O grupo de gerador biogás escolhido foi o modelo de 120 kVA. – 60 Hz da Enermac.



**Figura 18 Grupo gerador Enermac.**

Fonte: Catálogo Enermac

Os custos para a implantação do biodigestor refere-se além do gerador, o aluguel de maquinário, material de construção, mão de obra, equipamentos para o biodigestor (Filtro de umidade e gasômetro).

Após a totalização destes custos médios foi inserido o valor de investimento inicial em uma planilha do *Excel* para assim fazer a análise da avaliação do investimento.

O sistema opera em média 12h por dia, e o valor gerado de energia supri a demanda e tem custo inferior ao cobrado pela concessionária, o que torna o sistema viável.

<b>Avaliação do Investimento</b>			
<b>Investimento Inicial</b>	<b>R\$250.000,00</b>		
<b>Preço da Energia Elétrica</b>	<b>R\$17,50</b>		
<b>TIR</b>	<b>28,07%</b>	maior que a TMA	= projeto viável
<b>VPL</b>	<b>R\$480.373,03</b>	maior que zero	= projeto viável
<b>RBC (ou IL)</b>	<b>2,92</b>	maior que 1	= projeto viável
<b>Payback desc (anos)</b>	<b>15 anos (vide gráfico)</b>		

Tabela 7 Avaliação do Investimento no sistema do biodigestor.

Assim, com base nos dados e possível visualizar que no quinto ano o sistema já gera receita para o produtor, conforme representado no gráfico 2.

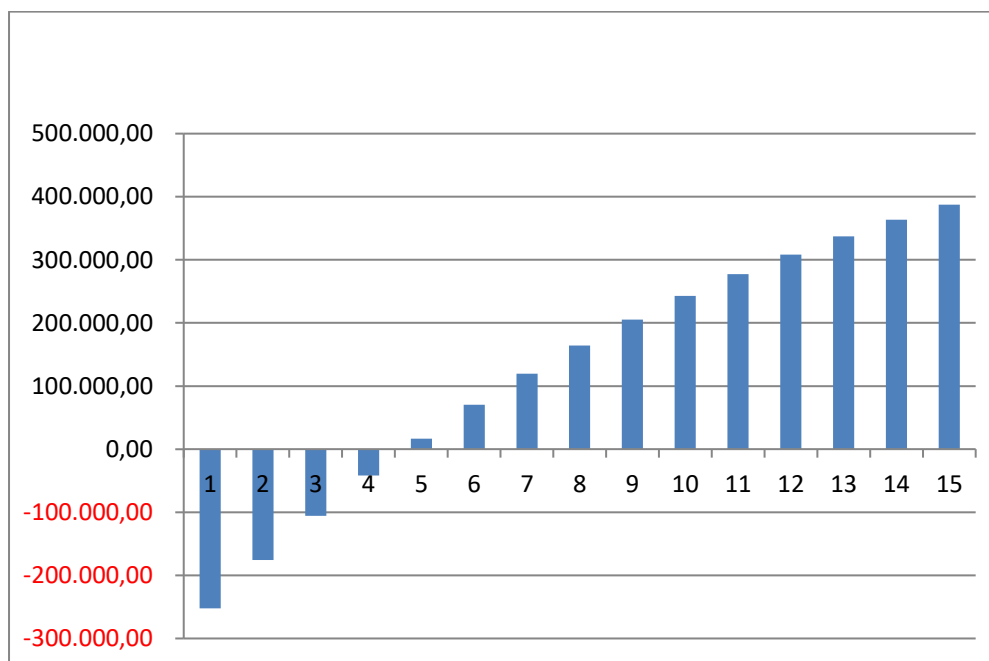


Gráfico 3 Representação gráfica payback descontado para o biodigestor.



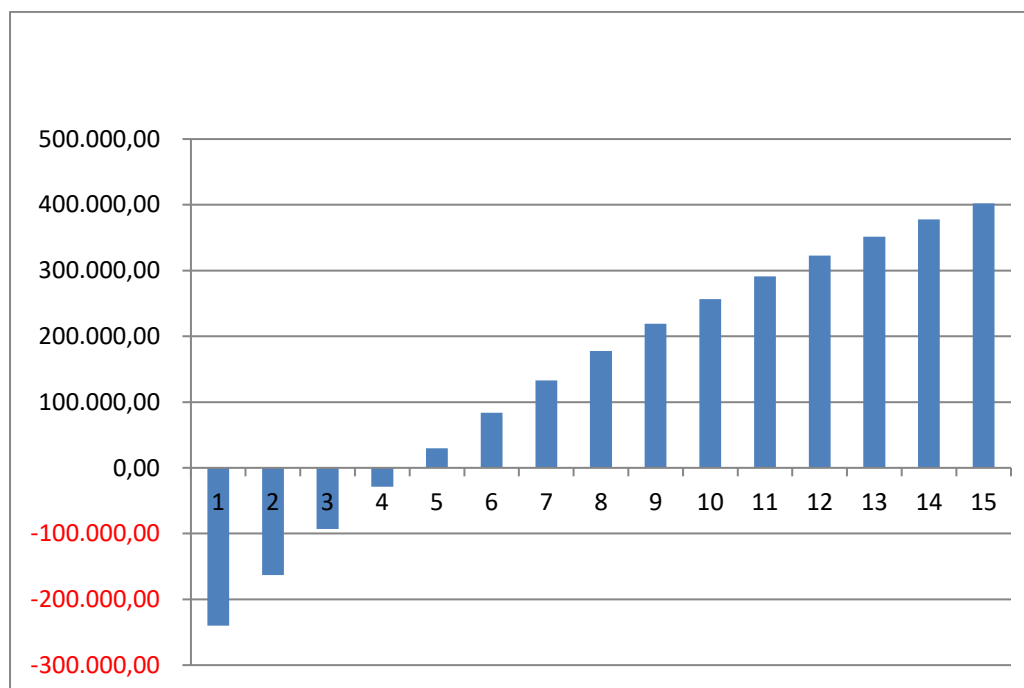
#### 4.1.3 Sistema Híbrido Biogás-Fotovoltaico

Para os custos do sistema híbrido foram dimensionados de forma independente, sendo assim serão necessários 57 painéis fotovoltaicos e um biodigestor de 700m<sup>3</sup> que posteriormente foram somados e inseridos na tabela 8.

<b>Avaliação do Investimento</b>			
<b>Investimento Inicial</b>	<b>R\$238.000,00</b>		
<b>Preço da Energia Elétrica</b>	<b>R\$17,50</b>		
<b>TIR</b>	<b>29,36%</b>	maior que a TMA	= projeto viável
<b>VPL</b>	<b>R\$495.052,15</b>	maior que zero	= projeto viável
<b>RBC (ou IL)</b>	<b>3,08</b>	maior que 1	= projeto viável
<b>Payback desc (anos)</b>	<b>15 anos (vide gráfico)</b>		

Tabela 8 Avaliação do Investimento no sistema híbrido.

O sistema híbrido opera 08 horas por dia utilizando a fonte dos painéis fotovoltaicos e 12 horas pelo biodigestor. Mostrando através do gráfico 4, ser o investimento mais viável, por ter maior rendimento no quinto ano.



**Gráfico 4 Representação gráfica payback descontado para o sistema híbrido**

Tomando com base os dados levantados foram elaboradas tabelas para viabilizar o cálculo do investimento e o tempo de retorno deste e assim definir o fluxo de caixa da propriedade. ZDANOVIK (2004) define o fluxo de caixa é uma demonstração visual das receitas e despesas ordenadas em uma linha do tempo futuro; sendo assim, o conduto deve-se apresentar de forma sólida para possíveis investimentos futuros. O fluxo de caixa é um instrumento utilizado para fomentar a gestão empresarial, eficientemente, possibilitando investimentos em longo prazo, controle das despesas, pois está relacionado a todas entradas e saídas do saldo financeiro.

Santos e Veiga (2014) enfatizam que a projeção do fluxo de caixa é composta de uma planilha com as entradas e saídas de recursos, apurando a situação financeira da empresa, se possibilita verificar se haverá saldo excedente ou negativo.

A tabela 7 a seguir representa o fluxo de caixa do biodigestor, onde é possível observar que não é o investimento mais caro e que após cinco anos gera receita de algo próximo a R\$17 mil reais. O sistema fotovoltaico se mostrou o mais lento quanto a geração de receitas após implantado, conforme mostra a tabela 8. Se pagando no quinto ano e gerando receita somente no sexto ano.

Já a tabela 9, do sistema híbrido mostra que assim como o biodigestor, o fluxo de caixa se torna positivo no quinto ano. O que o torna o melhor investimento é com relação ao valor da receita após esse período, que fica próximo de R\$ 30 mil reais.

## 4.2 Fluxo de caixa

## 4.2.1 Fluxo de Caixa Biodigestor

<b>4</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>		ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
4.1	Fluxo de caixa (Receitas - Despesas Operacionais)		-2.167,50	98.443,75	98.443,75	98.443,75	98.443,75	98.443,75	98.443,75
4.2	Fluxo de caixa pós impostos	-250.000,00	-2.442,25	91.397,86	91.397,86	91.397,86	91.397,86	91.397,86	91.397,86
4.3	Fluxo de caixa descontado (VP)	-250.000,00	-2.234,24	76.492,04	69.977,17	64.017,17	58.564,79	53.576,79	49.013,62
4.4	Fluxo de caixa descontado acumulado liquido (vp)	-250.000,00	-252.234,24	-175.742,20	-105.765,04	-41.747,87	16.816,91	70.393,70	119.407,32

Tabela 9 Fluxo de caixa biodigestor.

## 4.2.2 Fluxo de Caixa Fotovoltaico

<b>4</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>		ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
4.1	Fluxo de caixa (Receitas - Despesas Operacionais)		-3.621,94	96.989,31	96.989,31	96.989,31	96.989,31	96.989,31	96.989,31
4.2	Fluxo de caixa pós impostos	-308.177,41	-3.896,69	89.943,43	89.943,43	89.943,43	89.943,43	89.943,43	89.943,43
4.3	Fluxo de caixa descontado (VP)	-308.177,41	-3.564,80	75.274,80	68.863,60	62.998,45	57.632,83	52.724,21	48.233,65
4.4	Fluxo de caixa descontado acumulado liquido (vp)	-308.177,41	-311.742,21	-236.467,41	-167.603,81	-104.605,36	-46.972,53	5.751,68	53.985,33

Tabela 10 Fluxo de caixa sistema fotovoltaico.

## 4.2.3 Fluxo de Caixa Híbrido

<b>4</b>	<b>Fluxo de Caixa</b>		ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7
4.1	Fluxo de caixa (Receitas - Despesas Operacionais)		-1.867,50	98.743,75	98.743,75	98.743,75	98.743,75	98.743,75	98.743,75
4.2	Fluxo de caixa pós impostos	-238.000,00	-2.142,25	91.697,86	91.697,86	91.697,86	91.697,86	91.697,86	91.697,86
4.3	Fluxo de caixa descontado (VP)	-238.000,00	-1.959,80	76.743,11	70.206,86	64.227,29	58.757,02	53.752,64	49.174,50
4.4	Fluxo de caixa descontado acumulado liquido (vp)	-238.000,00	-239.959,80	-163.216,68	-93.009,83	-28.782,53	29.974,48	83.727,13	132.901,63

Tabela 11 Fluxo de caixa sistema híbrido.

## 5. CONCLUSÕES

Tendo como base os resultados encontrados através de pesquisa de mercado, pesquisa bibliográfica e modelos matemáticos é possível concluir que o sistema híbrido tem tempo de retorno igual ao biodigestor, o que diferencia os dois é o valor do fluxo de caixa descontado acumulado no quinto ano, que é superior em mais de cinco vezes o valor acumulado.

Para o sistema alimentado pelo biogás o resultado mostrou que tem um grande potencial, com pouca diferença no tempo de retorno para o sistema híbrido. Para sua implantação uma parte considerável da propriedade foi usada, tanto para o biodigestor quanto para a construção do local de armazenamento da biomassa, o que acaba se tornando um ponto negativo para sua implantação. WEIRCH (2021) demonstrou que o custo nivelado de energia dos sistemas que operam a biogás é menor que do sistema solar fotovoltaico e do híbrido, ou seja, a energia gerada pelos sistemas a biogás é mais barata quando comparado com os demais sistemas avaliados.

Para o sistema fotovoltaico o resultado veio afirmar que por ter investimento maior acaba tendo tempo de retorno superior aos demais. Porém vale ressaltar que é o sistema com maior facilidade de instalação, uma vez que a posição dos aviários está localizada para o norte, o que faz com que seu telhado sirva de suporte para os painéis fotovoltaico. Assim como SALINI (2021), que com base nos resultados obtidos em seu artigo, mostra a energia solar fotovoltaica apresenta viabilidade econômica para a maioria dos cenários simulados. Resultados diferentes, no entanto, podem ser encontrados em outras regiões e/ou sob diferentes condições de análise, particularmente quanto ao investimento inicial, custo da eletricidade (i.e., preço) e período de análise (anos).

Já o sistema híbrido, teve menor investimento e menor tempo de retorno, sendo assim levando em conta os fatores analisados é o que apresenta maior viabilidade do investimento.

Em todos os casos foi desconsiderada a energia excedente que será inserida na rede. No sistema do biodigestor também não foi considerada a venda do biofertilizante.

Por fim, sugere-se para trabalhos futuros a realização de estudos de viabilidade econômica na implantação de outras formas de sistema híbrido, ou com valores de geração diferentes, como por exemplo um sistema com 80% fotovoltaico e 20%

biodigestor e o inverso também. Pode-se avaliar os sistemas em condições climáticas diferentes também.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11704:2008 Sistemas Fotovoltaicos – Classificação**. 2008. Disponível em: <https://energypedia.info/images/temp/d/d2/20140508124638!phpU5v7IA.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

ABPA. Associação brasileira de proteína animal. **Avicultura e Impactos Ambientais**. Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/associado/59/Agr%C3%ADcola%20Jandelle%20S>. Acesso em: 29 de outubro de 2020.>

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia solar [manuscrito]: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid** - 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **REN 482 – Resolução Normativa 6482**. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

ANEEL. **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 2 ed. Brasília : ANEEL, 2005. 243p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

ARAÚJO, Massilon J. **Fundamentos de agronegócios**. São Paulo: Atlas, 2003.

AVILA, V.S. DE; JAENISH, F.R.F.; PIENIZ, L.C.; LEDUR, M.C.; ALBINO, L.F.T.; OLIVEIRA, P.A.V. DE. **Produção e manejo de frangos de corte. EMBRAPA SUÍNOS E AVES**. Documentos, Número 28. 1992. p.11.

BADO, C.: **Gestão de resíduos resultantes da produção de frangos de corte**. Dissertação, Maringá, 2006.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. ed. Atual. Ampl. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARRERA, P. – **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para zona rural**, 2003.

BENINCASA, M.; ORTOLANI, A.F.; LUCAS JÚNIOR, J. **Biodigestores convencionais**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1986. 25 p.

BLUESOL – **Empresa de energia solar Bluesol**. Disponível em: <https://bluesol.com.br/celula-solar-o-que-e/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

BOLETIM ENFOQUE – **Biodigestor “PE”, fonte alternativa energética e de biofertilizante** – Edição 03, Recife, 1999DEGANUTTI,

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 001/86. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 de maio de 1986.

BRILHANTE, Ogenis Magno; CALDAS, Luiz Querino de A. **Gestão e avaliação de risco em saúde ambiental**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1999.

BRITO, P. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos conectados à rede: estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica. Campus Juazeiro-BA, 2016. 77f. Disponível: [http://www.eletrica.univasf.edu.br/index\\_arquivos/TCC/TCC2016\\_02\\_Patricia.pdf](http://www.eletrica.univasf.edu.br/index_arquivos/TCC/TCC2016_02_Patricia.pdf). Acesso em: 22 de janeiro de 2022..

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 001/86**. Brasília, IBAMA. Disponível em <http://www.mma.gov.br>; Acesso em: 27 jul. 2021.

COLDEBELLA, A. Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais. 2006. 73 f.



CRESESB – **Base de Dados de radiação solar incidente (irradiação solar)**. Disponível em: <<http://cresesb.cepel.br> Acesso em: 08 junho de 2021>.

Dai Prá, M. A., Corrêa, E. K., Corrêa, L. B., Lobo, M. S., Sperotto, L., Mores, E. **Compostagem como alternativa para gestão ambiental na produção de suínos**. Editora EVANGRAF, Porto Alegre, RS, 2009.

DEBONI, Flávia Veronesi. **Licenciamento ambiental de plantas de biodigestão de resíduos: critérios e diretrizes para o estado do Paraná**.

DE LUCAS JUNIOR, J.; SANTOS, T. M. Impacto ambiental causado pela produção de frango de corte. In: **CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA**. São Paulo, 2003.

ÉPOCA. São Paulo: Globo, n. 352, fev.2005. Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Revista/Epoca/0,,EGD133-5855,00.html>. Acesso em: 02 agosto de 2021>.

**Estratégias para a utilização de camas em aviário**. Disponível:<  
<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/estrategias-utilizacao-camas-aviario-t38635.htm>. Acesso em: 02 de agosto de 2021>.

**Etapas metabólicas do processo de biodigestão anaeróbica em biodigestor**. Disponível:<<http://www.biodieselbr.com/i/energia/renovavel/biogas/processobiodigestor.gif>. Acesso em: 02 agosto de 2021>.

FERREIRA, Eliane Framil. **Avaliação do curso sobre Agroenergia e seus impactos sociais: um estudo de caso**. Itajubá (MG), 2004.

FILHO, Aroldo José Teixeira de Souza. **Análise da viabilidade de Sistema Híbrido Biogás-Solar na Geração de Energia e seus Impactos nas Emissões de Gases**. Rio Verde, 2019.

FLECK, Leandro. **Produção de biogás como fonte alternativa de energia: Uma revisão.** Revista Eletronica Cientifica Inovação e Tecnologia.V. 09, n. 24, p 1-15. 2018.

FIORENTIN, L. **Reutilização da cama na criação de frangos de corte e as implicações de ordem bacteriológica na saúde humana e animal.** EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Documentos, Número 94. 2005. p.23.

FREITAS, L.W., A. C. A. Orrico, R. G. Garcia, A. W. Schwingel, and F. R. Caldara. 2009. **Volatilização de amônia em diferentes tipos de cama de frango.** Pages 1–4 in Proc. Anais... 27ª Conferência FACTA de Ciência e Tecnologia Avícola, Porto Alegre, Brasil.

FREITAS, Eduardo de. **Efeito estufa provoca aquecimento do planeta,** 2008. Disponível em:<<http://www.brasilecola.com/geografia/efeito-estufa.htm>>. Acesso em: 02 agosto de 2021.

HEINZEN, L. F. **A REALIDADE EM UMA PEQUENA EMPRESA DA AVÍCULTURA CATARINENSE,** 2006. Relatório de Estágio apresentado ao Curso de Agronomia.

GARCIA, R.G. et al. **Effect of the Litter Material on Drinking Water Quality in Broiler Production.** Revista Brasileira de Ciência Avícola / Brazilian Journal of Poultry Science, v. 12, p. 165-169, 2010.

GEDOZ, L.: **Gerenciamento de resíduos sólidos gerados em uma propriedade de criação de aves para abate.** Monografia, Medianeira, 2014.

GUIVANT, Julia S.; MIRANDA, Cláudio R. de. **Desafios para o desenvolvimento sustentável da suinocultura:** uma abordagem multidisciplinar. Chapecó: Argos, 2004.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

KONDOLF, G. M. **Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels**. Environmental Management, v. 21, p. 533- 551, 1997.

LUCAS Jr., J.; SANTOS, T. M. B. **Aproveitamento de resíduos da indústria avícola para produção de biogás**. In: SIMPÓSIO SOBRE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO AVÍCOLA, 2000, Concórdia, SC. Proceedings... p. 27-43.

MAGRINI, A. **AIA ou AAE ou AAI: Será Realmente Esse o Problema?**, 2009. Oficina MMA - Ministério do Meio Ambiente.

MILARÉ, E. **Reação jurídica à danosidade ambiental: contribuição para o delineamento de um microssistema de responsabilidade**, 2016.

MONTEIRO, S. F. **Aspectos do licenciamento ambiental de avicultura no estado do Tocantins**. Monografia, Tocantins, 2009.

MOURA, Luiz Antonio de. **Qualidade e gestão ambiental: sugestões para implantação das Normas ISSO 14.000 nas empresas**. 2ª ed. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000.

NASCIMENTO, C. A. de. **Princípio de funcionamento de célula fotovoltaica**. Monografia (Pós-Graduação Lato-Sensu em Fontes Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2004.

NASCIMENTO, Luis Antonio Brum do. **Análise energética na avicultura de corte: estudo de viabilidade econômica para um sistema de geração de energia elétrica eólicofotovoltaico conectado a rede**. 2011

NASCIMENTO, Mario Elias Carvalho do et al. Avaliação econômica de sistemas fotovoltaicos conectados à rede para empreendimentos do agronegócio. 2019.

NEVES, Marcos Fava (Coord.) **Agronegócios e desenvolvimento sustentável: uma agenda para liderança mundial na produção de alimentos e bioenergia**. 1. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.

NOGUEIRA, Luiz A. Horta. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986.

<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/campo-bonito-313323/>

acessado em 13 de agosto de 2021.

OLIVEIRA e BIAZOTO, 2013). **Avaliação dos impactos ambientais causados pelos aviários no município de Assis Chateaubriand, no oeste do estado do Paraná, Brasil** Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 2, p. 24 - 30, abr/jun de 2013 (Nota Técnica Científica)

PALHARES, JCP. **Impacto ambiental de frangos de corte: revisão do cenário brasileiro**. Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico (ALICE), 2011.

PALHARES, J. C. P. **Manejo Ambiental da Cama de Aviário**. Embrapa suínos e aves. 1ª edição. Concordia-SC. 2008. Disponível em > [http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc\\_publicacoes/publicacao\\_x8z80u5d.PDF](http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_x8z80u5d.PDF). Acesso em: 18 de outubro de 2021.

PASCHOAL, Fernando Augusto. **Produção de biogás a partir de resíduos da avicultura: um estudo de caso no município de Tamboara**. Medianeira 2015.

PEREIRA, et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos:INPE, 2017. 88p.: il. Disponível em: [http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.p](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf)df. Acesso em: 22 de janeiro de 2022..

PORTAL ENERGIA. **Principais tipos de células fotovoltaicas constituintes de painéis solares.** 2017. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituientes-de-paineis-solares/>. Acessado em: 22 de janeiro de 2022..

PRIMIERY, Bianca Fiori et al. **Monitoramento da geração elétrica e viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico instalado em dois aviários em Tupãssi-PR.** 2019.

RIBEIRO, Maisa de Souza. **Contabilidade ambiental.** São Paulo: Saraiva, 2006.

RONDÓN, Edgar O. **Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. ssuplemento especial, 2008.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986 Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Seção 1, páginas 2548-2549

ROBERTO ET AL. **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada.** Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural, 2002.

ROMEY, Mauricio Tecchio. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA Fertilizantes Heriger Paranaguá.** CPEA 3602, Paranaguá. Julho, 2019, disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/Editais\\_Estudo\\_2019/Estudos\\_2019/RIMA\\_HE RINGER](http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/Editais_Estudo_2019/Estudos_2019/RIMA_HE RINGER)> Acesso em: 20 de agosto de 2021.

SALINI, César Henrique. **Viabilidade do uso de energia solar fotovoltaica na avicultura de corte.** 2021.

SALOMOM, K. R.; TIAGO FILHO, G. L. **Série Energias Renováveis – Biomassa.** Itajubá, MG : FAPEPE, 36 p., 2007.

SEIFFERT, N.F. Planejamento da atividade avícola visando qualidade ambiental. In: **Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola**. Concórdia, SC., Brasil. pp. 1-20, 12 Abril, 2000.

SINDIVIAPAR - Sindicato das Indústrias de Produtos Avícolas do Estado do Paraná, **Avicultura Paranaense Supera Expectativas e Atinge Crescimento Acima de 6% na Produção Anual**. Disponível em:

<https://sindiavipar.com.br/blog/2020/03/06/avicultura-paranaense-crescimentoproducao-anual/>; Acessado em: 20 de agosto de 2021.

SOUZA, Barbara Almeida. **EIA-RIMA: Estrutura geral e relações**. 1. ed. Editora Senac, São Paulo, 2019

TIEPOLO, Gerson Máximo. **ATLAS DE ENERGIA SOLAR DO ESTADO DO PARANÁ**. Revista Brasileira de Energia Solar Ano 9 Volume IX. Paraná, 2018.

TINOCO, João Eduardo Prudêncio; KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. **Contabilidade e Gestão Ambiental**. São Paulo: Atlas, 2004.

TONIN, F. S. **Caracterização de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica na Cidade de Curitiba**. 2017. 131 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba – PR. 2017. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2876/1/CT\\_PPGSE\\_M\\_Tonin%2C%20Fabianna%20Stumpf\\_2017.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2876/1/CT_PPGSE_M_Tonin%2C%20Fabianna%20Stumpf_2017.pdf). Acesso em: 22 de janeiro de 2022...

TORRES, A.; PEDROSA, J.F.; MOURA, J. P. **Fundamentos de implantação de biodigestores em propriedades rurais**. 2012.

VICENTINI, D. L. G; OLIVEIRA, J. G. R. **Análise da gestão dos resíduos de avicultura e impactos ambientais no município de Leópolis (PR)**. In: Revista Geografia em **Atos** (GeoAtos online), v. 04, n. 11, p. 05-26, maio/julho 2019.

ZANATTA, P. **Gestão ambiental e desenvolvimento sustentável**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental. Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 296-312, 2017.

ZANIN, Antonio; BAGATINI, Fabiano Marcos; PESSATTO, Camila Batista. **Viabilidade econômico-financeira de implantação de biodigestor - uma alternativa para reduzir os impactos ambientais causados pela suinocultura. XVI Congresso Brasileiro de Custos – Fortaleza - Ceará, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2009.**

WEIRICH, Cintia Sabrina. **Análise econômica de sistemas de geração de eletricidade no modo GD: motor gerador a biogás e painéis fotovoltaicos.** 2021.

WIKIENERGIA - disponível em: < <http://wikienergia.pt/>> Acesso em: 22 de janeiro de 2022.