



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA



**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA A PARTIR DA PROPOSTA DE
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA HÍBRIDO BIOGÁS-SOLAR: UM ESTUDO DE
CASO EM UMA GRANJA SUINÍCOLA EM PONTE NOVA – MG**

FERNANDA APARECIDA ALVES REZENDE SANTOS

OURO PRETO - MG
2020

FERNANDA APARECIDA ALVES REZENDE SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA A PARTIR DA PROPOSTA DE
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA HÍBRIDO BIOGÁS-SOLAR: UM ESTUDO DE
CASO EM UMA GRANJA SUINÍCOLA EM PONTE NOVA – MG**

Monografia apresentada ao
Curso de Engenharia de
Produção da Universidade
Federal de Ouro Preto como
parte dos requisitos
necessários para a obtenção de
Grau de Engenharia de
Produção.

Orientador: Prof. Dr. Máximo
Eleotério Martins.

Coorientadora: Antônia
Auxiliadora Ferreira Gomes

OURO PRETO - MG
2020

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R467a Rezende, Fernanda Aparecida Alves .

Análise de viabilidade econômica a partir da proposta de implantação de um sistema híbrido biogás-solar [manuscrito]: um estudo de caso em uma granja suinícola em Ponte Nova – MG. / Fernanda Aparecida Alves Rezende. - 2020.

87 f.: il.: color., gráf., tab., mapa. + Quadro.

Orientador: Prof. Dr. Máximo Eleotério Martins.

Coorientadora: Ma. Antônia Auxiliadora Ferreira Gomes.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Suínos - Criadores. 2. Biogás. 3. Energia Solar. 4. Geração distribuída de energia elétrica . I. Gomes, Antônia Auxiliadora Ferreira. II. Martins, Máximo Eleotério. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB:1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas

Departamento Engenharia de Produção, Administração e Economia

ATA DE DEFESA

Aos 27 dias do mês de fevereiro de 2020, às 10:00h, no Auditório Fundação Goreeix, na Escola de Minas - Campus Morro do Cruzeiro foi realizada a defesa de monografia pela aluna **Fernanda Aparecida Alves Rezende Santos** sendo a banca examinadora constituída pelos professores: Prof. Máximo Flávio Martins (orientador), Mestranda Antônio Auxiliadora Ferreira Gomes (co-orientadora), Prof. Aloísio de Castro Gomes Júnior e Prof. Isabela Cristina de Sousa. A aluna apresentou a monografia intitulada: **"ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA A PARTIR DA PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA HÍBRIDO BIOGÁS-SOLAR: UM ESTUDO DE CASO EM UMA GRANJA SUÍNÍCULA EM PONTE NOVA – MG"**. A banca examinadora deliberou, por unanimidade, pela aprovação da candidata, concedendo-lhe o prazo de 15 dias para incorporação no texto final das alterações sugeridas. Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca examinadora e pelo aluno.

Ouro Preto, 27 de Fevereiro de 2020.


Prof. Máximo Flávio Martins
Professor Orientador/Presidente


Antônio Auxiliadora Ferreira Gomes
Co-orientadora

Prof. Isabela Cristina de Sousa
Professora externa Convitada


Prof. Aloísio de Castro Gomes Júnior
Professor Convitado


Fernanda Aparecida Alves Rezende Santos
Aluna

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus meu amparo constante nesta jornada, dedico a ti Senhor toda honra e toda glória.

Aos meus pais Luciana e Marcos pelo exemplo, pelo amor incondicional, dedicação, incentivo e principalmente por terem me ajudado em toda esta caminhada acadêmica sem medir esforços.

A meu irmão Pedrinho por me proporcionar momentos tão divertidos.

Ao meu esposo André pelo amor, incentivo, compreensão e por sempre lutar ao meu lado.

Ao meu Professor Orientador Máximo Eleotério Martins, pelas suas sugestões, apoio e principalmente compreensão em relação ao prazo

A todos os meus colegas e amigos do curso de Engenharia de Produção que fizeram parte desta caminhada, pelas alegrias, companheirismo, angústias compartilhadas ao longo desse período, parcerias e principalmente pelas amizades que fiz durante este período de graduação. Em especial agradeço a minha amiga Antônia que foi primordial no incentivo emocional, contribuindo sempre da melhor forma possível com o desenvolvimento deste trabalho.

À UFOP, fundação Gorceix e ao curso de Engenharia de Produção, seu corpo docente e coordenação pelo suporte, aprendizados de qualidade, ensinamentos e experiências.

Enfim obrigada a todos que contribuíram para tornar este sonho possível!

*“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente
entendam que a mão do Senhor fez isto. ”*

(Isaías 41:20)

RESUMO

A necessidade de atender à demanda energética crescente com o mínimo de impacto ambiental vem se tornando uma questão cada vez mais complexa e preocupante, fazendo com que se intensifique a busca por fontes alternativas de energia. Nesse sentido, esta pesquisa visou analisar a viabilidade econômica da microgeração de energia elétrica a partir da proposta de implantação de um sistema híbrido biogás – solar em uma fazenda suinícola situada no município de Ponte Nova – MG. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre os principais temas que norteiam essa pesquisa e um estudo de caso. Além disso, para realização do estudo de caso, foram analisados o cenário atual, composto apenas por biodigestores e foram simulados dois cenários: o cenário que propôs a implantação do sistema híbrido biogás-solar e o cenário alternativo biogás – solar dimensionado para produzir energia excedente e injetar na rede em troca de créditos que poderão ser utilizados em outras unidades consumidoras através do autoconsumo remoto, uma modalidade de geração distribuída criada pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL em 2015. Para desenvolver todas as análises e comparações de viabilidade foram utilizados os conceitos da matemática financeira de Valor Presente Líquido - VPL, *payback*, Taxa Mínima de Atratividade - TMA e Taxa Interna de Retorno - TIR. O cenário atual resultou em um *payback* de 1 ano, um TIR médio de 8,75% ao ano e um VPL de R\$ 9.096.141,83, mostrando-se viável quando avaliado apenas em seu aspecto econômico. O cenário biogás-solar apresentou um *payback* de 7 anos um TIR médio de 10 % ao ano, e um VPL de R\$ 1.036.688,47. Já o cenário biogás-solar para geração de créditos resultou em um *payback* de 4 anos com um TIR médio de 29 % ao ano, com VPL de R\$ 39.815.763,96. Retirando a demanda da fazenda de 8.597 Kwh estariam disponíveis 208.069,45 kwh para geração de créditos. Os dois sistemas propostos mostram-se viáveis economicamente. O mais interessante deles é o sistema que propõe a exploração da modalidade de autoconsumo remoto, pois além de apresentar melhores resultados no que diz respeito aos parâmetros financeiros analisados, resultam em um menor tempo de *payback*.

Palavras-chave: Suinocultura, energias renováveis, biogás, energia solar, geração distribuída, autoconsumo remoto.

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1: Matriz Elétrica Brasileira – BEN 2019 | 15 |
| Gráfico 2: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil | 30 |
| Gráfico 3: Geração de energia fotovoltaica no Brasil por estado..... | 31 |
| Gráfico 4: Fluxo de caixa cenário atual..... | 57 |
| Gráfico 5: Fluxo de caixa cenário biogás-solar | 61 |
| Gráfico 6: Fluxo de caixa cenário biogás-solar para autoconsumo remoto | 65 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Top 10 Ranking Mundial Energia Solar Fotovoltaica..... | 33 |
| Tabela 2: Custos Gerais Cenário Atual | 53 |
| Tabela 3: Resumo parâmetros cenário atual..... | 54 |
| Tabela 4: Cálculo dos custos cenário atual biogás + energia Cemig..... | 55 |
| Tabela 5: Cálculos para análise financeira cenário atual..... | 56 |
| Tabela 6: Resumo dos parâmetros pré-dimensionais do sistema fotovoltaico para o cenário proposto | 57 |
| Tabela 7: Levantamento dos equipamentos e p custo inicial do sistema fotovoltaico | 58 |
| Tabela 8: Custos cenário biogás-solar | 59 |
| Tabela 9: Resultados dos cálculos para análise financeira cenário biogás-solar..... | 60 |
| Tabela 10: Custos cenário biogás-solar para geração de créditos | 62 |
| Tabela 11: Resumo dos parâmetros..... | 63 |
| Tabela 12: Cálculos para análise financeira cenário biogás-solar para autoconsumo remoto . | 64 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Esquema de produção de carne suína em milhões de unidades | 20 |
| Figura 2: Participação do rebanho mineiro no rebanho nacional | 21 |
| Figura 3: Mapa de Minas Gerais destacando a mesorregião da Zona da Mata Mineira | 23 |
| Figura 4: Rebanho do Brasil, Minas Gerais e Zona da Mata Mineira..... | 24 |
| Figura 5: Esquema de produção de biogás | 26 |
| Figura 6: Passos metabólicos envolvidos na digestão anaeróbica..... | 27 |
| Figura 7: Biodigestores tubulares da granja São Francisco – Ponte Nova MG | 29 |
| Figura 8: Potência Instalada Solar Fotovoltaica no Brasil | 30 |
| Figura 9: Mapa brasileiro a irradiação solar e Atlas Solarimétrico do Brasil | 32 |
| Figura 10: Composição do Pannel Fotovoltaico | 35 |
| Figura 11: Autoconsumo remoto..... | 38 |
| Figura 12: A) Maternidade; B) Creche; C) Crescimento; D) Terminação | 45 |
| Figura 13: Fotografia aérea da Granja em 2008 | 46 |
| Figura 14: Fotografia aérea da Granja 2019 | 46 |
| Figura 15: Galpão onde ocorre a fabricação de Ração | 47 |
| Figura 16: Visão lateral do Biodigestor..... | 47 |
| Figura 17:(A) Queimador de biogás (B) Tubulação de gás..... | 48 |
| Figura 18: Efluente após ter passado pelo biodigestor | 49 |
| Figura 19: Pastagem irrigada com biofertilizante..... | 49 |
| Figura 20: Faturas de Energia da Granja São Francisco | 52 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Geração Elétrica (GWh) Brasil | 18 |
| Quadro 2: Evolução da produção de carne suína nos principais países produtores, em milhões de toneladas | 19 |
| Quadro 3: Ranking dos estados produtores de suínos | 21 |
| Quadro 4: Ranking dos Principais Municípios com Maiores Plantéis Minas gerais..... | 22 |
| Quadro 5: Composição do biogás processado no biodigestor | 25 |
| Quadro 6: Cálculo da tarifa total cobrada pela CEMIG | 39 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| RESUMO | 7 |
| LISTA DE GRÁFICOS | 8 |
| LISTA DE TABELAS | 9 |
| LISTA DE FIGURAS | 10 |
| LISTA DE QUADROS | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO | 15 |
| 1.1 Objetivo geral | 16 |
| 1.2 Objetivos específicos | 16 |
| 1.3 Justificativa | 17 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 19 |
| 2.1 Energia elétrica através do biogás na suinocultura | 19 |
| 2.1.1 Suinocultura intensiva no Brasil e no mundo | 19 |
| 2.1.2 O biogás | 24 |
| 2.1.3 Geração de energia através do biogás | 25 |
| 2.1.4 Biodigestores | 28 |
| 2.1.5 Modelos de Biodigestores | 28 |
| 2.2 Energia Fotovoltaica | 29 |
| 2.2.1 Panorama geral da energia fotovoltaica | 29 |
| 2.2.2 Radiação solar no Brasil | 31 |
| 2.2.3 Efeito Fotoelétrico | 33 |
| 2.2.4 Módulos e Painéis fotovoltaicos | 34 |
| 2.2.5 Composição do Painel | 34 |
| 2.2.6 Módulo Fotovoltaico Silício Monocristalino (m-si) | 35 |
| 2.2.7 Módulo fotovoltaico silício policristalino (p-Si) | 35 |
| 2.2.8 Filmes finos | 36 |
| 2.2.9 Inversor | 36 |
| 2.2.10 Geração Distribuída | 37 |
| 2.3 Métodos de avaliação econômica | 38 |
| 2.3.1 Variáveis referentes a fatura de energia elétrica | 38 |
| 2.3.1.1 Tarifa de Energia | 39 |
| 2.3.1.2 Inflação na tarifa | 39 |
| 2.3.1.3 Custo de Disponibilidade | 40 |

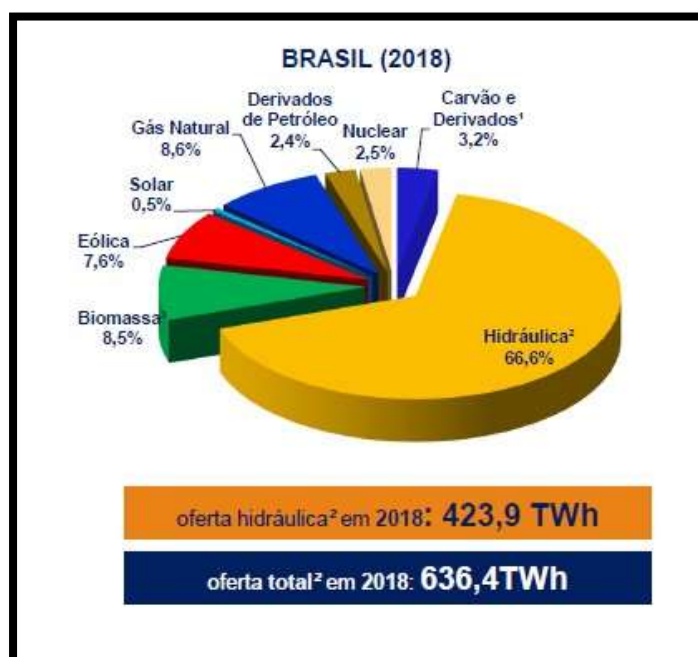
| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.3.2 | Variáveis para análise financeira | 40 |
| 2.3.2.1 | Fluxo de Caixa | 41 |
| 2.3.2.2 | Método do Valor Presente Líquido (VPL) | 41 |
| 2.3.2.3 | Tempo de Retorno do Investimento - <i>payback</i> | 41 |
| 2.3.2.4 | Métodos da taxa interna de retorno – TIR e taxa mínima de atratividade – TMA | 42 |
| 3. | METODOLOGIA..... | 43 |
| 3.1 | Caracterização da Pesquisa..... | 43 |
| 3.2 | Procedimentos de coleta e análise de dados..... | 43 |
| 3.2.1 | Pesquisa bibliográfica..... | 44 |
| 3.2.2 | Aplicação do Questionário | 44 |
| 3.2.3 | Análises Financeiras | 44 |
| 3.3 | Estudo de caso da fazenda Granja São Francisco | 45 |
| 3.3.1 | Caracterização do local | 45 |
| 4. | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 50 |
| 4.1 | Dimensionamento do Cenário Atual..... | 50 |
| 4.1.1 | Resumo dos dados e dimensionamento de custos cenário atual Biogás – Energia da Rede | 50 |
| 4.1.1.1 | Capacidade Teórica de produção de biogás..... | 50 |
| 4.1.1.2 | Capacidade de produção de biogás calculada pelo consumo dos geradores da granja..... | 51 |
| 4.1.1.3 | Resultados cenário atual Biogás – Energia da Rede..... | 54 |
| 4.2 | Dimensionamento cenário proposto híbrido Biogás – Solar | 57 |
| 4.2.1.1 | Dimensionamento dos equipamentos e custo do sistema | 58 |
| 4.2.1.2 | Análise financeira do sistema biogás-solar..... | 59 |
| 4.2.1.3 | Resultados cenário proposto Biogás -Solar..... | 60 |
| 4.3 | Dimensionamento cenário proposto Biogás – Solar para microgeração distribuída - autoconsumo remoto | 62 |
| 4.3.1.1 | Resultados cenário Proposto Biogás-Solar para microgeração distribuída - autoconsumo remoto | 63 |
| 5. | CONCLUSÃO | 66 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 68 |
| | ANEXO I – CONTAS DE ENERGIA DA GRANJA | 75 |
| | APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO | 78 |

1. INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo será realizada uma breve contextualização, seguida da delimitação do tema e apresentação do problema de pesquisa. Em seguida, serão apontados os objetivos geral e específicos. Finalmente, será apresentada a justificativa do estudo, destacando sua relevância. A necessidade de atender à demanda energética crescente com o mínimo de impacto ambiental vem se tornando uma questão cada vez mais complexa e preocupante, devido ao aquecimento global e ao esgotamento dos combustíveis fósseis. Tais fatos contribuíram para o impulsionamento das buscas por fontes alternativas de energia.

Neste contexto, cabe ressaltar que o Brasil apresenta uma vantagem em relação aos demais países do mundo devido ao enorme potencial de aproveitamento dos recursos naturais. De acordo com o (Balanço Energético Nacional - BEN, 2019), conforme podemos observar no Gráfico 1, estima-se que aproximadamente 83,2% da oferta de energia elétrica no Brasil é derivado de fontes renováveis. Porém, 66,6% dessa oferta é proveniente de hidrelétricas, retratando a dependência que o país apresenta em relação ao nível de pluviosidade para que se mantenha a oferta de energia compatível com a demanda.

Gráfico 1: Matriz Elétrica Brasileira – BEN 2019



Fonte: Balanço Energético Nacional - BEN (2019)

Segundo o BEN (2019), o consumo final de eletricidade no país em 2018 registrou uma progressão de 1,4%. Os setores que mais contribuíram para este aumento foram o residencial que expandiu o seu consumo em 1,8 TWh (+1,3%), seguido pelo energético que cresceu 1,7 TWh (+5,4%), industrial 1,2 TWh (+0,6%) e o agropecuário 1,1 TWh (+3,9%). Dentre estes segmentos destaca-se o agronegócio por seu crescimento no país representando no ano de 2019 um incremento de 2,36% no PIB - Produto Interno Bruto. (CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2019).

Por outro lado, estima-se que este setor é responsável por 55% das emissões de metano. (IPCC - International Panel on Climate Change, 2018). Sendo assim, destaca-se no presente estudo, a suinocultura que é considerada uma atividade altamente nociva ao ambiente, pois segundo Barbosa (2011), além de contribuir para a poluição atmosférica provocada pelos Gases do Efeito Estufa – GEE o manejo inadequado dos dejetos suínos pode acarretar em contaminação de cursos de água e do solo.

Frente ao exposto, percebeu-se necessário estudar a viabilidade econômica da implantação de fontes alternativas de energia na suinocultura, com a finalidade de garantir eficiência energética. Neste contexto, para alcançar o objetivo proposto no trabalho, realizou-se um estudo de caso em uma granja suinícola chamada Granja São Francisco, localizada na Rodovia Ponte Nova a Oratórios LGM -828, na região da Zona da Mata mineira, considerada entre as maiores regiões de suinocultura do país. A metodologia adotada engloba a análise qualitativa e quantitativa, com aplicação de um questionário, além da detalhada análise financeira.

1.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica da microgeração de energia elétrica a partir da proposta de implantação de um sistema híbrido biogás - solar, comparando com o atual sistema, composto apenas pelo biodigestor, em uma fazenda suinícola situada no município de Ponte Nova – MG, considerando a opção de injetar energia excedente na rede e trocar por créditos que poderão ser utilizados em outras unidades consumidoras através do autoconsumo remoto.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar a viabilidade econômica da geração de energia apenas por biodigestores;

- Analisar a viabilidade econômica da geração de energia por um sistema híbrido biogás/solar;
- Avaliar a viabilidade e o potencial de utilizar a modalidade de geração distribuída do autoconsumo remoto no sistema biogás/solar;
- Avaliar o percentual de energia excedente que poderá ser alocada nas demais unidades;
- Comparar os três sistemas discutindo seus aspectos econômicos, técnicos e ambientais.

1.3 Justificativa

Em um contexto de aumento na demanda energética, somado ao aquecimento global, a suinocultura se destaca no Brasil por seu significativo potencial poluidor.

Segundo Oliveira (2002), os dejetos dos suínos, além de serem danosos ao ambiente, possuem altas concentrações de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, além de substâncias patogênicas, cor e odor que se não forem corretamente manejados podem causar desequilíbrios ambientais e proliferação de vetores.

O presente estudo teve o intuito de propor uma solução para tais problemas descritos, analisando a implantação de um sistema híbrido biogás-solar em uma granja suinícola. Segundo Oliveira (2005), atuando com base em preceitos de sustentabilidade a implantação de sistemas que utilizam fontes renováveis de energia impactam na redução da dependência de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo e das consequentes emissões de metano e GEE.

No que tange à utilização de energia solar, o Brasil apresentou um aumento de 316,1% de 2017 a 2018, conforme destacado no Quadro 1. Além disso, o Brasil apresenta uma vantagem significativa sobre os países desenvolvidos em relação a utilização de energia solar pois localiza-se numa faixa de latitude na qual a incidência de radiação solar é muito alta e sendo assim, nosso potencial solar se estende por quase todas as regiões do país (BEN, 2019).

Quadro 1: Geração Elétrica (GWh) Brasil

| Fonte | 2017 | 2018 | Δ 18/17 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Hidrelétrica | 370.906 | 388.971 | 4,9% |
| Gás Natural | 65.593 | 54.622 | -16,7% |
| Biomassa ² | 51.023 | 52.267 | 2,4% |
| Derivados do Petróleo ³ | 12.458 | 9.293 | -25,4% |
| Nuclear | 15.739 | 15.674 | -0,4% |
| Carvão Vapor | 16.257 | 14.204 | -12,6% |
| Eólica | 42.373 | 48.475 | 14,4% |
| Solar Fotovoltaica | 832 | 3.461 | 316,1% |
| Outras ⁴ | 14.146 | 14.429 | 2,0% |
| Geração Total | 589.327 | 601.396 | 2,0% |

Fonte: BEN (2019)

Discutir a sustentabilidade no setor pecuário justifica-se pela necessidade de rever os impactos das atividades na degradação dos recursos naturais. Para tanto, é necessário compreender os conceitos de energia, através do biodigestor e a energia fotovoltaica, apresentando uma proposta prática de eficiência energética. Além disso, o presente estudo permitiu a avaliação da utilização da modalidade de geração distribuída do autoconsumo remoto.

Dessa forma, esta pesquisa partiu da necessidade de entender os diferentes aspectos relacionados à atividade da suinocultura, para que os produtores não só compreendam todos os benefícios econômicos decorrentes da implantação e correta utilização dos sistemas, como também entendam a necessidade de assumir uma postura responsável em suas relações com a sociedade, contribuindo assim para a redução dos impactos ambientais da atividade produtiva e para a exploração mais consciente dos recursos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentada uma revisão da literatura para nortear o desenvolvimento deste trabalho. Sendo assim, foi realizada uma pesquisa sobre a suinocultura, sobre os sistemas de microgeração de energia elétrica a partir do biogás e da energia fotovoltaica, definições e funcionamento, bem como a descrição dos principais conceitos utilizados na matemática financeira para análise de viabilidade econômica.

2.1 Energia elétrica através do biogás na suinocultura

2.1.1 Suinocultura intensiva no Brasil e no mundo

A suinocultura é uma das atividades da agropecuária mais difundidas e praticadas no mundo. Em escala mundial, a produção de carne suína alcançou uma taxa de crescimento de 0,5% entre os anos de 2014 a 2018, sendo que em 2018 foram produzidas quase 113 milhões de toneladas de carne suínas, conforme podemos observar no Quadro 2:

Quadro 2: Evolução da produção de carne suína nos principais países produtores, em milhões de toneladas

| País | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Taxa de crescimento |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------|
| China | 56.710 | 54.870 | 52.990 | 53.400 | 54.150 | -1,19% |
| U.E. | 22.540 | 23.249 | 23.866 | 23.663 | 24.100 | 1,53% |
| EUA | 10.368 | 11.121 | 11.320 | 11.611 | 11.992 | 3,40% |
| Brasil | 3.400 | 3.519 | 3.700 | 3.725 | 3.675 | 2,15% |
| Rússia | 2.510 | 2.615 | 2.870 | 3.000 | 3.235 | 6,66% |
| Vietnã | 2.431 | 2.548 | 2.701 | 2.741 | 2.675 | 2,68% |
| Canadá | 1.805 | 1.899 | 1.914 | 1.959 | 1.960 | 1,98% |
| Outros | 10.734 | 10.601 | 10.778 | 10.939 | 11.171 | 1,12% |
| Total | 110.498 | 110.422 | 110.139 | 111.038 | 112.958 | 0,5% |

Fonte: USDA (2018)

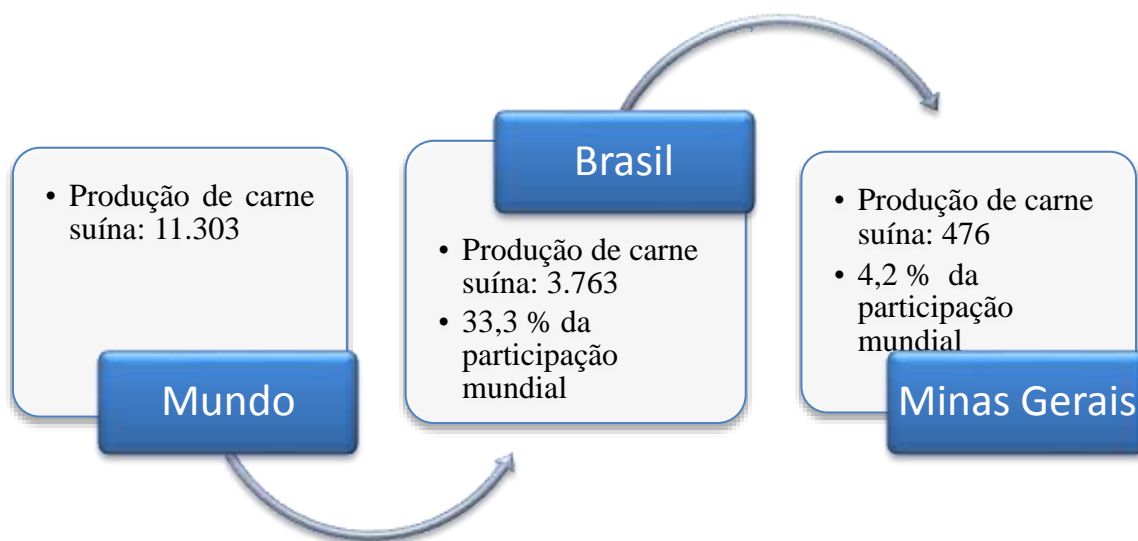
Segundo IBGE (2018), o efetivo nacional é de 41,44 milhões de animais, sendo que o efetivo de matrizes chega a 4,79 milhões de animais que corresponde a 11,6% do efetivo nacional de suínos.

O efetivo nacional de suínos em 30/09/2017, levantado pelo Censo Agropecuário (2017), era de 39 milhões de cabeças, aumento de 26% em relação ao censo agropecuário do ano de 2006. Porém, o percentual de animais vendidos cresceu 55% no mesmo período, mantendo a tendência observada em 2006.

A suinocultura é uma atividade de suma importância no agronegócio brasileiro, visando atender tanto à demanda interna na alimentação da população, como a externa, de forma a agregar valor na produção agrícola brasileira. Na Figura 1 é possível visualizar a produção de carne suína em escala mundial, no Brasil e em Minas Gerais.

Segundo Martins (2019), o Brasil alcançou o 4º lugar mundial na produção de carnes suínas em 2019 chegando a 3,763 milhões de toneladas produzidas, conforme retratado na Figura 1:

Figura 1: Esquema de produção de carne suína em milhões de unidades



Fonte: Elaboração da autora com base em IBGE (2019)

A relevância da atividade de suinocultura no estado de Minas Gerais pode ser ratificada por este ser o quarto maior produtor em relação à produção brasileira, ficando apenas atrás dos três estados do Sul do país, conforme representado no quadro 3.

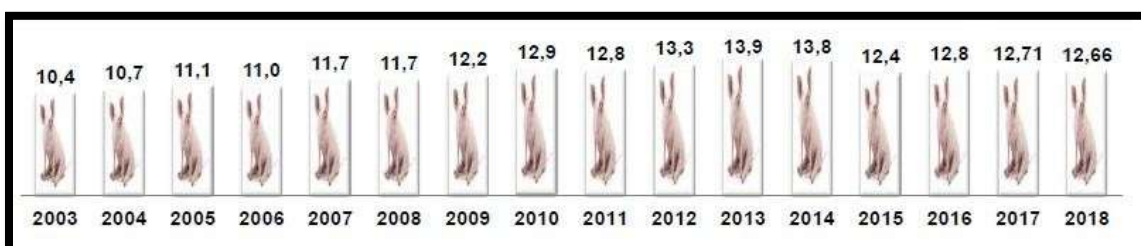
Quadro 3: Ranking dos estados produtores de suínos

| Ranking | Estados | Rebanho (mil cabeças) | Participação % |
|---------|--------------------|-----------------------|----------------|
| 1° | Santa Catarina | 7.968 | 19,2 |
| 2° | Paraná | 6.900 | 16,6 |
| 3° | Rio Grande do Sul | 5.726 | 13,8 |
| 4° | Minas Gerais | 5.248 | 12,7 |
| 5° | Mato Grosso | 2.945 | 7,1 |
| 6° | Goiás | 1.970 | 4,8 |
| 7° | Mato Grosso do Sul | 1.472 | 3,6 |
| 8° | São Paulo | 1.445 | 3,5 |
| 9° | Ceará | 1.171 | 2,8 |
| | Demais Estados | 6.599 | 15,9 |
| | Rebanho Total | 41.444 | 100,0 |

Fonte: USDA/ IBGE (2018)

A Figura 2, retrata que Minas Gerais tem uma participação significativa do rebanho nacional e essa participação está evoluindo ao longo dos anos.

Figura 2: Participação do rebanho mineiro no rebanho nacional



Fonte: IBGE - PMC (2018)

Conforme pode-se observar no Quadro 4, a Zona da Mata é considerada a segunda maior região de criação do estado de Minas Gerais, e tem como vantagem competitiva sua localização estratégica, próxima a grandes centros consumidores. Portanto, pode-se perceber a importância da atividade de suinocultura nas diferentes mesorregiões mineiras, cada qual com suas peculiaridades.

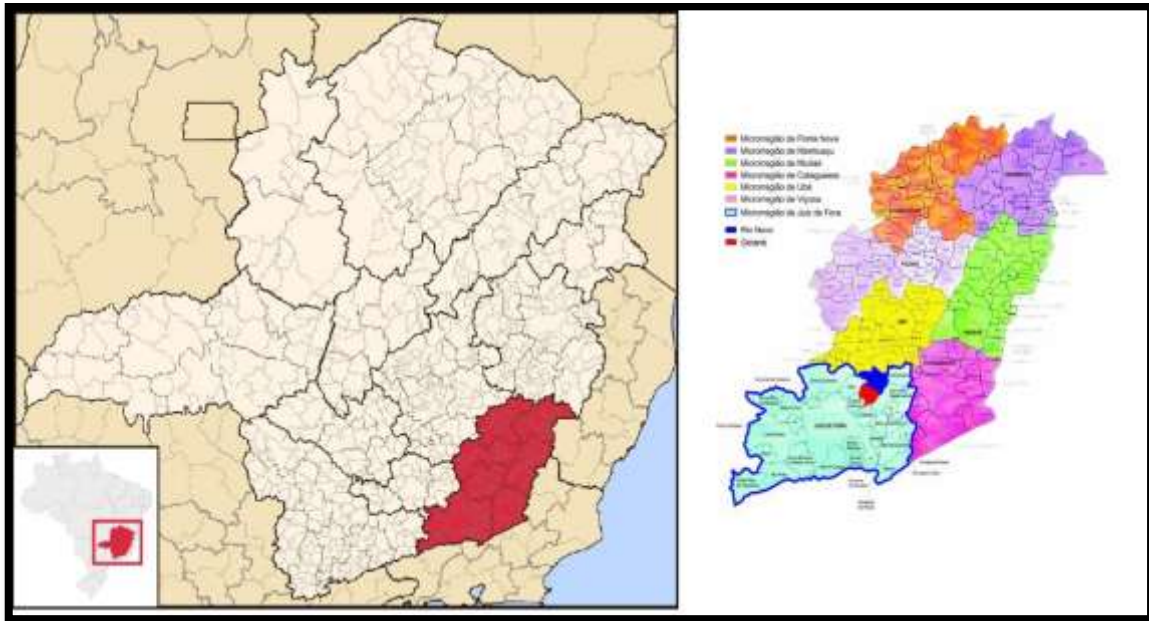
Quadro 4: Ranking dos Principais Municípios com Maiores Plantéis Minas gerais



Fonte: IBGE - PMC (2018)

A mesorregião da Zona da Mata mineira é uma das doze mesorregiões do estado de Minas Gerais, sendo formada por 142 municípios, agrupados em sete microrregiões, conforme o mapa representado na Figura 3.

Figura 3: Mapa de Minas Gerais destacando a mesorregião da Zona da Mata Mineira



Fonte: IGA (2012)

Localizada numa posição estratégica, essa região é o segundo polo de criação de suínos de Minas Gerais, e o quinto maior produtor e exportador de carne suína do Brasil. Predominam na região as propriedades com até 500 matrizes, faturamento anual até US\$ 1 milhão, que empregam mão-de-obra assalariada e cuja gestão é realizada por membros da família (MOURA, 2012).

O presente estudo terá foco nessa mesorregião da Zona da Mata Mineira, em especial o território da bacia do Rio Piranga, que abriga a maior parte da criação de suínos do estado. Segue, resumidamente, na Figura 4, o rebanho suíno no Brasil, em Minas Gerais e na Zona da Mata.

Figura 4: Rebanho do Brasil, Minas Gerais e Zona da Mata Mineira



Fonte: Elaboração da autora com base em IBGE (2018)

2.1.2 O biogás

Para Soares (2010), o biogás é um tipo de mistura de gases, contendo dióxido de carbono e metano, produzido naturalmente em meio anaeróbico pela ação de bactérias em matérias orgânicas. As bactérias são fermentadas dentro de um determinado limite de temperatura, teor de umidade e acidez, que na verdade é o resultado de vários fatores da reação das matérias orgânicas.

Segundo Okamura (2013), o biogás pode ser proveniente de aterro sanitário, estações de tratamento de esgoto e por formação espontânea dentro dos biodigestores durante o tratamento dos resíduos gerados no manejo e criação de animais na agropecuária.

Na suinocultura, esta decomposição, chamada de digestão anaeróbia é realizada em biodigestores especialmente planejados. Segundo Palhares (2008), a mistura gasosa produzida, cuja composição pode ser vista no Quadro 5, pode ser utilizada como combustível, o qual, além de apresentar alto poder calorífico e não produzir gases tóxicos durante a queima, ainda deixa como resíduo um lodo, que é um excelente biofertilizante.

Quadro 5: Composição do biogás processado no

| GASES | QUANTIDADE (%) | |
|-----------------------|----------------|------|
| | DE | ATÉ |
| Metano | 50,0 | 75,0 |
| Dióxido de carbono | 25,0 | 40,0 |
| Nitrogênio | 0,5 | 2,5 |
| Oxigênio | 0,1 | 1,0 |
| Sulfeto de hidrogênio | 0,1 | 0,5 |
| Amoníaco | 0,1 | 0,5 |
| Monóxido de carbono | 0,0 | 0,1 |
| Hidrogênio | 1,0 | 3,0 |

Fonte: CASTAÑÓN (2002)

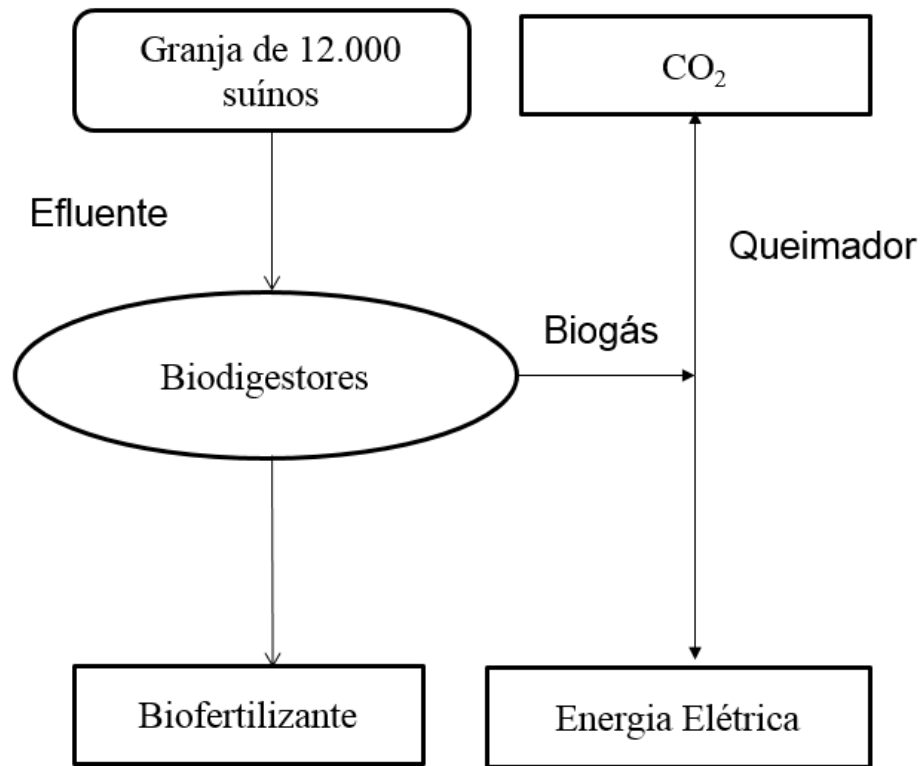
Miki (2018), afirma que o biogás é uma fonte flexível de energia renovável e seu uso pressupõe a transformação da energia química nele presente. O biogás pode ser usado para produzir energia térmica e energia elétrica. Sendo assim, o biogás apresenta-se como uma solução que agrega valor econômico e ambiental ao manejo dos dejetos provenientes da suinocultura.

2.1.3 Geração de energia através do biogás

A importância da digestão anaeróbia no tratamento de resíduos aumentou significativamente nas últimas décadas, principalmente por apresentar um balanço energético mais favorável em relação aos processos aeróbios convencionais, com baixo consumo de energia, baixa produção de lodo e a possibilidade de recuperação e utilização do metano como gás combustível (MORAES, 2005).

Segundo Prati (2010), para a geração de energia pelo biogás são necessários o biodigestor e uma câmara, na qual ocorre o processo bioquímico anaeróbio, que tem como resultado a formação do biogás, biofertilizantes e produtos gasosos, principalmente o metano e o dióxido de carbono, conforme pode-se observar no esquema da Figura 5.

Figura 5: Esquema de produção de biogás



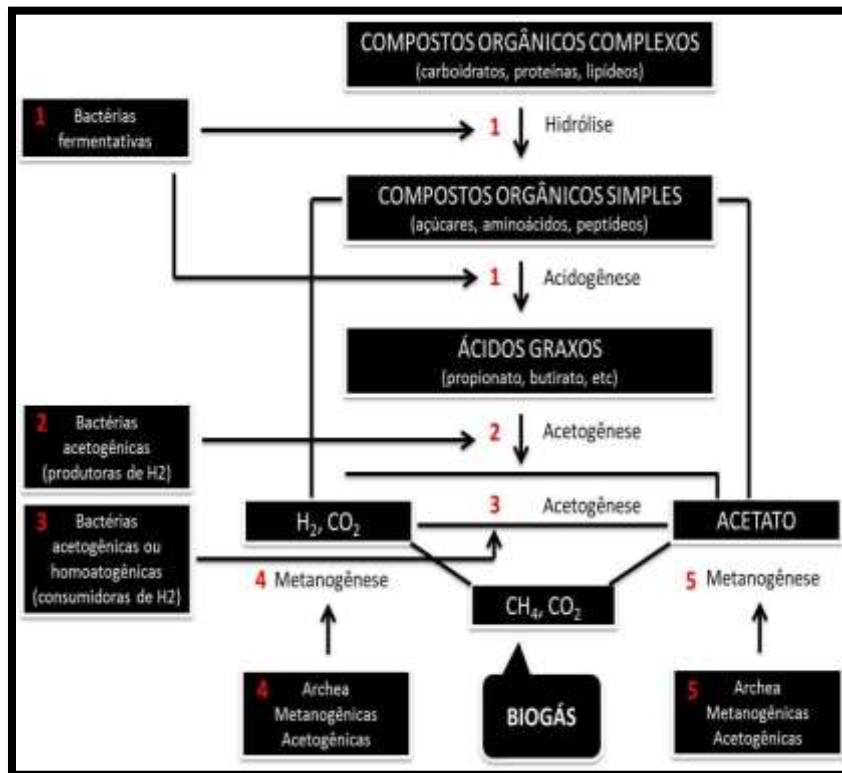
De acordo com Nogueira (1986), o biofertilizante gerado, além de recuperação dos solos degradados para a manutenção da fertilidade, funciona como corretivo da acidez dificultando a proliferação de fungos patogênicos, pois apresenta pH em torno de 7,5 e 8,5.

Segundo Coelho (2003), alguns fatores como temperatura, pH e tempo de detenção, interferem no processo da sequência de reações metabólicas realizadas por bactérias anaeróbicas. A faixa ideal de temperatura para a biodigestão é entre 30 °C e 35°C, pois é a que combina as melhores condições para o crescimento das bactérias e para a produção de metano, com o mínimo de tempo de retenção da matéria orgânica. Segundo Bley (2009), variações bruscas na temperatura podem levar as bactérias digestoras à morte, causando desequilíbrio no processo.

O tempo de residência ou tempo de detenção é o período em que um substrato qualquer passa no interior de um digestor, isto é, o tempo entre a entrada e a saída dos diferentes materiais. Este varia em função das características da biomassa e do digestor. De modo geral, situa-se na faixa de 4 a 60 dias. Normalmente, o tempo de digestão para esterco de animais domésticos situa-se na faixa de 20 a 30 dias (COMASTRI, 1981).

Segundo, Chernicharo (1997), o processo da digestão anaeróbica pode ser organizado em quatro fases distintas: a hidrólise, a acidogênese, a acetogênese e a metanogênese, conforme pode-se observar no esquema da Figura 6.

Figura 6: Passos metabólicos envolvidos na digestão anaeróbica



Fonte: Adaptado de Souza (2009)

Segundo Lamaison (2009), a hidrólise é a primeira fase da digestão anaeróbica, onde os efluentes inicialmente são considerados polímeros, ou seja, compostos complexos e serão transformados pela ação das bactérias hidrolíticas em compostos mais simples (monômeros). Sendo assim, neste processo é necessária a interferência das exoenzimas, originadas de excrementos das bactérias.

De acordo com Van Haandel (1994), a acidogênese é um processo que consiste na conversão de produtos solúveis da hidrólise, em compostos que incluem ácidos graxos voláteis, álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio, por meio da ação das bactérias fermentativas acidogênicas, que são bactérias estritamente anaeróbias. Tal processo apresenta grande importância devido à remoção do oxigênio, que dissolvido se torna uma substância tóxica. Conforme Van Haandel (1994), na acetogênese acontece a transformação dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para a produção de

metano, tais como, o acetato, o hidrogênio e o dióxido de carbono. O estado de oxidação do material orgânico possibilita a formação do ácido acético, o qual pode ser acompanhado de hidrogênio ou dióxido de carbono. Como Lamaison (2009) discorre, de todos os materiais metabolizados pelas bactérias acidogênicas, apenas o acetato e o hidrogênio podem ser utilizados diretamente pelas bactérias metanogênicas. Segundo Lamaison (2009), a metanogênese é a etapa final do processo de degradação anaeróbia realizada por bactérias acetoclásticas, em que são produzidos o metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂).

Assim, a digestão anaeróbia é um processo muito delicado que agrega muito valor aos segmentos nos quais é utilizada. Segundo Costa (2014), a conversão energética do biogás é considerada como uma solução para o volume de resíduos produzidos por atividades agrícolas e pecuárias, destilarias, tratamento de esgoto doméstico e aterros sanitários, atuando na redução do potencial tóxico das emissões de metano, ao mesmo tempo em que produz energia elétrica, agregando, desta forma, ganho ambiental e redução de custo.

2.1.4 Biodigestores

Segundo Magalhães (1986), biodigestores são equipamentos herméticos e impermeáveis, dentro dos quais se deposita material orgânico para fermentar por um determinado tempo de retenção, no qual ocorre um processo bioquímico descrito acima, denominado biodigestão anaeróbica, que tem como resultado a formação do biofertilizante e do biogás.

Segundo kunz (2005), o biogás gerado fica retido na parte livre do biodigestor, nesse caso, transformada em gasômetro, ou pode ir para um acumulador. Em seguida, pode ser canalizado para ser utilizado em aplicações diversas, como processos de aquecimento, resfriamento e na geração de energia elétrica.

Nishimura (2009), afirma que a biodigestão é um processo amplamente testado entre os criadores de suínos. Os biodigestores têm se tornado uma importante ferramenta de redução dos níveis de poluição gerada por tais empreendimentos.

Assim sendo, ocorre melhora na qualidade de vida dos produtores rurais e também da população, pois, o processo de biodigestão anaeróbica auxilia na transformação de gases prejudiciais em fonte de energia (GASPAR, 2003).

2.1.5 Modelos de Biodigestores

Segundo Sganzerla (1983), vários modelos de biodigestores têm sido desenvolvidos e adaptados buscando a estabilização de resíduos, o aumento da eficiência e a redução dos custos de implantação. Os modelos de biodigestores mais conhecidos são o indiano, o chinês e o do tipo tubular. Segundo Souza (2009), o modelo de biodigestor tubular possui uma construção simplificada do tipo horizontal com câmara de biodigestão escavada no solo e com gasômetro do tipo inflável feito de material plástico ou similar.

Na granja analisada no presente estudo é utilizado o modelo chamado tubular ou canadense, conforme pode-se observar na Figura 7:

Figura 7: Biodigestores tubulares da granja São Francisco – Ponte Nova MG



Fonte: Venâncio (2014)

Steinhauser (2008), completa que este tipo de biodigestor, por apresentar uma caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, apresenta uma maior área exposta ao sol, fato que além de evitar entupimento, possibilita maior produção de biogás. A câmara de PVC infla durante o processo de produção de biogás.

Segundo Souza (2009), o biodigestor canadense é amplamente difundido em propriedades rurais e é hoje, a tecnologia mais utilizada dentre as demais.

2.2 Energia Fotovoltaica

2.2.1 Panorama geral da energia fotovoltaica

A potência instalada no Brasil, atualmente está bem aquém da capacidade que o país apresenta. Na Figura 8, retrata-se a potência atual.

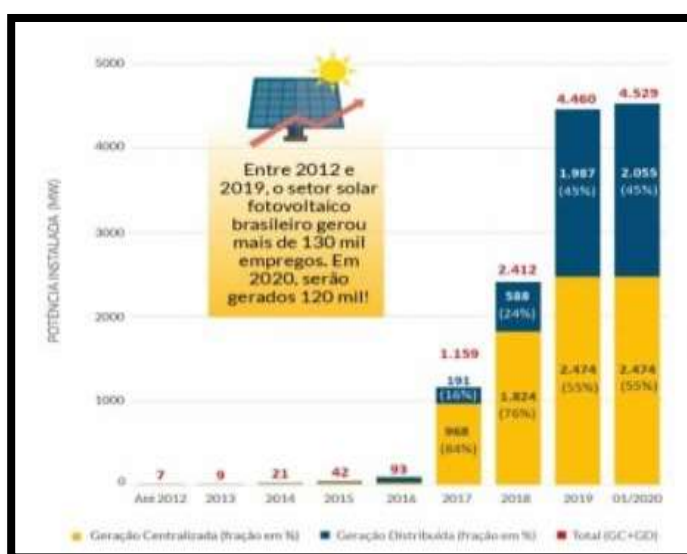
Figura 8: Potência Instalada Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: Adaptado pelo autor do site ABSOLAR (2020)

Porém, conforme pode-se observar no gráfico 2, essa fonte tem se intensificado no país evoluindo 45% de 7 MW em 2012 para 4.529 MW até 2020. Tal crescimento justifica-se pela redução nos custos de compra e montagem dos sistemas, bem como dos incentivos governamentais na redução das taxas de juros para o financiamento de tais sistemas.

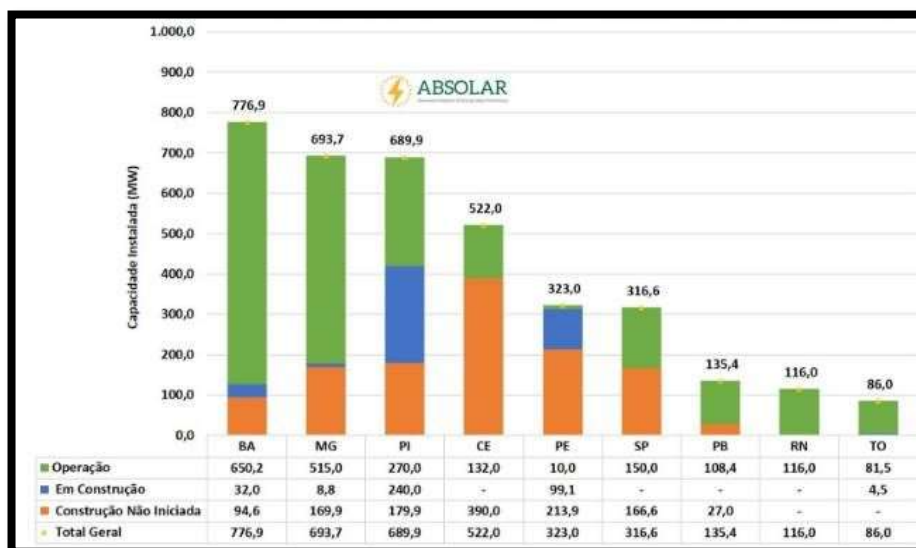
Gráfico 2: Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2020)

No Gráfico 3, podemos observar o status de geração de energia fotovoltaica no Brasil por estado, demonstrando que Minas Gerais encontra-se como segundo maior estado do país em termos de capacidade instalada.

Gráfico 3: Geração de energia fotovoltaica no Brasil por estado



Fonte: ABSOLAR (2020)

2.2.2 Radiação solar no Brasil

O território brasileiro recebe elevados índices de irradiação solar, quando comparado com países europeus, vantagem que favorece a disseminação da energia fotovoltaica no país. Segundo dados da ANEEL (2003), esta vantagem ocorre, pois, o Brasil é um país em que a maior parte do seu território está localizada na linha do equador, fazendo com que não ocorram muitas variações na duração solar durante o dia, fenômeno que eleva a eficácia dos sistemas fotovoltaicos para captação dessa radiação e conversão em energia elétrica.

A irradiação pode ser definida como a energia incidente por metro quadrado de um determinado plano, obtida pela integração da irradiância em um intervalo de tempo. A conversão de energia solar em energia elétrica ocorre através dos efeitos da incidência da irradiação solar nos materiais semicondutores que compõem os módulos fotovoltaicos (JARDINI, 2003).

O Atlas de Irradiação Solar do Brasil, apresentado na Figura 10, publicado em 1998 pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em parceria com o Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foi um dos precursores na avaliação de forma consistente do potencial de energia solar no território brasileiro.

Outro instrumento que permite estimar o potencial solar brasileiro é o Atlas Solarimétrico do Brasil, também representado na Figura 10. Este instrumento foi elaborado em 2006 pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e pela Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF), com parceria do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), sob supervisão do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

:

Figura 9: Mapa brasileiro a irradiação solar e Atlas Solarimétrico do Brasil



Fonte: Atlas de Irradiação Solar do Brasil (2017); Atlas Solarimétrico do Brasil (2000)

Segundo dados da EPE/ANEEL (2018), o Brasil tem, atualmente, aproximadamente 2,2GW de capacidade em geração fotovoltaica instalada, o que representa apenas 1,5% da matriz energética brasileira. Dessa maneira, pensando em âmbito mundial, pode-se constatar com a Figura 10 o ranking dos países em relação a potência instalada de energia fotovoltaica, que o Brasil ainda tem muito o que se desenvolver nesse segmento, não alcançando ainda nem 50% da geração instalada da Espanha que é o 10º país do ranking com 5,5 GW.

Tabela 1: Top 10 Ranking Mundial Energia Solar Fotovoltaica

| País | Potência Instalada |
|------------------------------|--------------------|
| 1. China | 78,1 GW |
| 2. Japão | 42,8 GW |
| 3. Alemanha | 41,2 GW |
| 4. Estados Unidos da América | 40,3 GW |
| 5. Itália | 19,3 GW |
| 6. Grã-Bretanha | 11,6 GW |
| 7. Índia | 9 GW |
| 8. França | 7,1 GW |
| 9. Austrália | 5,9 GW |
| 10. Espanha | 5,5 GW |

Fonte: Mason (2017)

2.2.3 Efeito Fotoelétrico

Segundo Thomaz (2007), a energia solar fotovoltaica se dá pelo surgimento de uma diferença de potencial entre os terminais de um material semicondutor, o silício, quando exposto à luz solar. Matavelli (2013), completa explicando que os materiais ditos semicondutores são caracterizados pela presença de bandas de energia, chamadas bandas de valência, bandas proibidas e bandas de condução.

Ribeiro (2008), complementa essa afirmação explicando que a banda de valência se refere ao nível de energia em que o elétron está sob forte ação da força do núcleo atômico. A banda proibida é a faixa de energia que o elétron deve romper para entrar na banda de condução, sendo que esta última é caracterizada pela liberdade que o elétron possui de interagir com a sua vizinhança.

Ainda segundo Ribeiro (2008), para que se ocorra o efeito fotovoltaico, os elétrons devem absorver energia solar necessária para romper a sua banda de valência, entrar na banda de condução e interagir eletronicamente com sua vizinhança. Tal interação gera um campo elétrico devido à aceleração dos elétrons favorecendo o deslocamento de carga.

Segundo Gazoli (2012), existem hoje muitos materiais semicondutores apropriados para conversão fotovoltaica, porém, o mais utilizado é o silício, pois, seus átomos possuem quatro

elétrons na camada de valência que fazem ligação com os elétrons do átomo vizinho, formando assim uma rede cristalina.

Gazoli (2012) explica também que quando a luz incide sobre uma célula fotovoltaica, os fótons que a integram se chocam contra os elétrons presentes nas estruturas de silício, fornecendo-lhes energia. Devido ao campo elétrico gerado no interior de cada célula, os elétrons são forçados a fluir da camada P para a camada N, gerando-se assim um fluxo de elétrons.

Em síntese, o sistema fotovoltaico tem a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica (RUTHER, 2014).

Gazoli (2012) ressalta ainda que as placas fotovoltaicas podem ser utilizadas em telhados, fachadas de residências e edifícios, para suprir a necessidade local de energia elétrica, ou podem ser empregadas na construção de usinas geradoras de eletricidade.

2.2.4 Módulos e Painéis fotovoltaicos

As células fotovoltaicas são dispostas em séries, formando os módulos, e estes são dispostos em série ou paralelamente, formando os painéis fotovoltaicos (THOMAZ, 2007).

Segundo CEPEA (2014), cada módulo é diferenciado, principalmente, de acordo com o material utilizado, processo de fabricação, eficiência e custo. Em particular, a eficiência é o parâmetro que define quão efetivo é o processo de conversão de energia solar em energia elétrica, representando a relação entre a potência elétrica produzida pela célula fotovoltaica e a potência da energia solar incidente.

2.2.5 Composição do Painel

Segundo Pinho (2014), o painel é composto pelo encapsulamento de um sanduíche de vidro temperado de alta transparência, acetato de etil vinila (EVA - *Ethylene-vinyl acetate*) estabilizado para a radiação ultravioleta, células fotovoltaicas, EVA estabilizado, e um filme posterior isolante. Este filme é uma combinação de polímeros, tais como, fluoreto de polivinila (PVF ou Tedlar®), tereftalato de polietileno (PET), dentre outros. O processo de laminação é realizado a temperaturas de 120 °C a 150 °C, quando o EVA se torna líquido e as eventuais bolhas de ar geradas são eliminadas. No processo seguinte, é realizada a cura do EVA, que

proporciona uma maior durabilidade ao módulo fotovoltaico. Após este processo, coloca-se uma moldura de alumínio anodizado e a caixa de conexões elétricas, e o módulo fotovoltaico está finalizado, conforme pode- se observar na Figura 10.

Figura 10: Composição do Painel Fotovoltaico



Fonte: PINHO, 2014

A seguir serão apresentados os tipos de painéis mais comuns no mercado, atualmente.

2.2.6 Módulo Fotovoltaico Silício Monocristalino (m-si)

Segundo Miranda (2014), os módulos fotovoltaicos de silício monocristalino, também denominados de células, são obtidos a partir de fatias de um único grande cristal, imerso em silício. No referido processo, o cristal recebe pequenas quantidades de boro, formando um semicondutor dopado do tipo “p”⁸. Além disso, são introduzidas impurezas tipo “n”⁹ a esse semicondutor após seu corte. Essas impurezas são expostas a vapor de fósforo em fornos com altas temperaturas, garantindo confiabilidade e eficiência aos produtos (CEPEA, 2014).

2.2.7 Módulo fotovoltaico silício policristalino (p-Si)

Segundo Ruther (2004), a eficiência do módulo fotovoltaico policristalino é menor que a do silício monocristalino, pois, concentra o maior número de defeitos, por ser fundido e solidificado, resultando em um bloco com grandes quantidades de grãos ou cristais. Em função do maior número de defeitos, seu custo é menor do que as células monocristalinas.

2.2.8 Filmes finos

Segundo Gazoli (2012), diversos estudos elaborados nesta área têm direcionado a fabricação dos filmes finos a utilizarem diferentes materiais semicondutores e técnicas de deposição. Por exemplo, em camadas finas de materiais silício e outros, sob uma base que pode ser rígida ou flexível. Entre os materiais mais estudados está o silício amorfo (a-Si). Em comparação às demais tecnologias fotovoltaicas, os filmes finos apresentam a grande vantagem de consumir menos matéria prima e menos energia em sua fabricação, tornando muito baixo o seu custo. Porém, segundo Torres (2019), apesar dessa vantagem, convertem fótons em elétrons de forma menos eficiente do que as células de cristais únicos de silício.

2.2.9 Inversor

Segundo Pinho (2014), a tensão (CA - Corrente Alternada) de saída de um sistema gerador qualquer, deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequado às cargas a serem alimentadas, ou à rede a qual o sistema será conectado, estando neste caso, a ela sincronizado. Devido à natureza unidirecional (CC - Corrente contínua) da energia elétrica gerada nos módulos solares fotovoltaicos é necessário o uso de conversores eletrônicos de potência (conversores estáticos), para condicionar a energia elétrica antes de esta ser disponibilizada para consumo na rede elétrica, alimentando cargas residenciais, comerciais e/ou industriais (RIBEIRO, 2008).

Assim, o inversor é o dispositivo eletrônico pelo qual é possível exportar a energia elétrica em CA a partir de uma fonte de energia elétrica em CC, que no presente trabalho, provém dos módulos fotovoltaicos, estabelecendo o acoplamento entre o gerador fotovoltaico e a rede CA ou a carga CA (PINHO, 2014).

A sua principal tarefa consiste em converter o sinal elétrico CC do gerador fotovoltaico num sinal elétrico CA e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que está ligado. O inversor também é conhecido como conversor CC-CA, ou ainda DC/AC (do inglês Direct Current DC e Alternating Current AC) (SOUZA, 2016). Existem diversos tipos de inversores em função das peculiaridades de suas aplicações.

Segundo Pinho (2014), os inversores modernos utilizam chaves eletrônicas de estado sólido, e o seu desenvolvimento está diretamente ligado à evolução da eletrônica de potência, tanto em termos de componentes (especialmente semicondutores) quanto das topologias de seus circuitos de potência e controle. Enquanto os primeiros inversores para uso em sistemas fotovoltaicos

eram meras adaptações de circuitos já existentes, os circuitos mais modernos são desenvolvidos levando em conta a complexidade e as exigências de sua aplicação específica. Desta forma, no decorrer de poucas décadas, as tipologias foram otimizadas e os custos de fabricação reduzidos, enquanto que as eficiências de conversão evoluíram até chegarem a valores próximos a 99 % em alguns inversores para conexão à rede elétrica.

2.2.10 Geração Distribuída

Segundo a ANEEL (2016, p.7), a geração distribuída se caracteriza pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica.

Segundo Galdino, (2014) a GD – Geração Distribuída engloba o sistema fotovoltaico conectado à rede, visto que a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos é interligada à rede local através do inversor, componente este que converte o fluxo contínuo em alternado com base no sinal e frequência estipulados pela rede. Chitolina (2017), destaca a necessidade da instalação de um medidor bidirecional para contabilizar a energia injetada pelo sistema e o consumo da residência

Os geradores de pequeno porte integrados à GD podem ser dimensionados para que haja excedente de energia na UC, o qual pode ser aproveitado de diversas formas. A REN 687/2015 estabelece a possibilidade de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, assim como geração compartilhada e autoconsumo remoto, diferenciadas a seguir.

“Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento” (ANEEL, 2015, p. 02).

“Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada, ” (ANEEL, 2015, p. 02).

“Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada” (ANEEL, 2015, p. 02).

A Figura 12 demonstra esquematicamente o autoconsumo remoto.

Figura 11: Autoconsumo remoto



Fonte: ABSOLAR (2020)

Para o presente estudo será simulado um sistema utilizando a modalidade do autoconsumo remoto. Essa modalidade otimiza o investimento do cliente em micro ou minigeração distribuída, fazendo com que o mesmo possa obter um ganho na economia de escala ao instalar um sistema de geração superior à sua demanda, em um local apropriado, ao invés de investir em vários sistemas de menor porte em diversas unidades consumidoras.

2.3 Métodos de avaliação econômica

Nesta seção serão definidas todas as variáveis referentes aos custos com energia, bem como as ferramentas que foram utilizadas para análise de viabilidade nos sistemas propostos.

2.3.1 Variáveis referentes a fatura de energia elétrica

2.3.1.1 Tarifa de Energia

A granja São Francisco se enquadra na classe Rural Monofásico na modalidade tarifária convencional no grupo B3 de atendimento da CEMIG. Conforme a Resolução Homologatória da ANEEL n° 1872 de 07/04/2015, considerando a bandeira vermelha, a tarifa, sem considerar os tributos, aplicada às unidades consumidoras comerciais atendidas pela CEMIG no mês de dezembro 2019 é 0,50 R\$/kWh (CEMIG, 2019). Sobre o valor da tarifa sem impostos promulgada pela ANEEL, incidem o imposto estadual ICMS e as contribuições federais PASEP e COFINS. Conforme pode-se observar no Quadro 7, após a inclusão desses impostos é que se tem a tarifa final de energia elétrica na granja no valor de R\$ 0,63.

Quadro 6: Cálculo da tarifa total cobrada pela CEMIG

| Tarifa de Energia Granja R\$/Kwh | PASEP + COFINS | ICMS | TARIFA TOTAL |
|---|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| R\$ 0,50 | 6,5% R\$ 0,033 | 18% R\$ 0,091 | R\$ 0,63 |

Fonte: CEMIG, 2019

2.3.1.2 Inflação na tarifa

Para realização da análise de investimento, torna-se essencial considerar a taxa de inflação anual tarifária, pois tal variação impacta no tempo de retorno deste investimento.

As tarifas de energia elétrica aumentaram substancialmente em 2015, o que influenciou a inflação.

No primeiro semestre desse ano, a inflação medida pelo IPCA - Índice de Preços ao Consumidor Ampliado, do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, alcançou 6,17%, acumulando em 12 meses aumento de 8,89%. A estimativa do Banco Central é que o índice feche 2015 em torno de 9,0% (BCB, 2015). Segundo o IBGE, 0,71 ponto percentual (p.p.) da inflação de 1,32% verificada em março foi decorrente da variação da energia elétrica residencial, o que representou 53,8% do índice naquele mês.

A variação média da inflação de energia elétrica no país medida pelo IPCA-IBGE no ano é a seguinte:

- 36,4% no acumulado do primeiro trimestre (22,1% somente em março);
- 42,3% no acumulado do primeiro semestre;
- 58,37% no acumulado em 12 meses encerrados em junho.

No entanto, quando se observam as variações acumuladas nos três últimos anos, é possível notar comportamentos bastante distintos. Em síntese, em 2013, as tarifas ficaram mais baratas por conta da renovação antecipada das concessões nos segmentos de geração e transmissão, além da redução de alguns encargos setoriais. Nos dois anos seguintes, aumentaram e pressionaram a inflação, em decorrência da crise hídrica e do consequente uso das termoelétricas, além da adoção de bandeiras tarifárias e da revisão extraordinária das tarifas nas concessionárias distribuidoras em 2015 (DIEESE, 2015).

Neste contexto, a escolha de uma taxa de aumento da tarifa considerando o prazo do investimento, os próximos 25 anos seria necessário a realização de análises mais robustas.

Porém, no presente estudo foi escolhida uma simples metodologia de previsão estimando o aumento médio geométrico na tarifa, nos próximos 25 anos, através das tarifas da concessionária CEMIG desde o 2004 até o 2015 (ANEEL, 2015) e a previsão do mesmo presidente da CEMIG para o 2016. O valor estimado prevê um incremento médio anual de 0,7 % até o 2040.

2.3.1.3 Custo de Disponibilidade

O consumo mínimo destina-se a recolher os custos ditos comerciais do cliente e o custo do medidor. Para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade, valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). De forma análoga, para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A) será devida apenas a parcela da fatura correspondente à demanda contratada.

A granja se enquadra como consumidor monofásico. Tal tipologia incorre em um custo de disponibilidade a ser pago no valor de 30 kWh no caso que, num dado mês, a energia injetada na rede seja superior ao consumo. O valor financeiro do primeiro ano desta taxa é obtido multiplicando a tarifa sem impostos e será considerado um custo fixo mensal na análise.

2.3.2 Variáveis para análise financeira

Segundo Puccini (2011), a matemática financeira estuda as inter-relações entre essas diversas variáveis e seus problemas estão basicamente relacionados com entradas e saídas de dinheiro no tempo. A seguir serão apresentadas as ferramentas que foram utilizadas no presente estudo o fluxo de caixa, o VPL, o *payback*, a TMA e o TIR.

2.3.2.1 Fluxo de Caixa

O Fluxo de Caixa é um registro de uma sequência de movimentações financeiras ao longo do tempo. Segundo Vianna (2018) o FC é representado por um eixo horizontal no qual marcamos o tempo, seja em ano, semestre, trimestre, bimestre, mês ou dia. As entradas de recursos são representadas por setas orientadas para cima, perpendiculares ao eixo horizontal. Já as saídas de recursos são representadas da mesma forma, porém as setas serão colocadas para baixo.

2.3.2.2 Método do Valor Presente Líquido (VPL)

O método do Valor Presente Líquido (VPL) é a técnica de análise de investimento mais utilizada. Segundo Souza (2004) o VPL é a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero ou data presente. Segundo Assaf (2003) o método demonstra projeto, depois de ser descontada a determinada taxa de juros, é ou não atrativo ao investidor.

Na concepção de Gitman (2002) o método é uma sofisticada técnica para a análise de orçamento de capital, que usa uma taxa especificada e desconta os fluxos de caixa da empresa. Essa taxa é chamada de taxa de desconto ou custo de oportunidade, que se refere ao retorno mínimo que o empreendedor deseja obter sobre o seu negócio.

Segundo Braga (1989), para decidir se um investimento deve ou não ser realizado utilizando a VPL, deve-se seguir a seguinte regra:

- Se o VPL for maior que zero, o projeto deve ser aceito, pois mostra uma geração de riqueza líquida positiva;
- Se o VPL for menor que zero, o projeto deve ser rejeitado, pois mostra uma destruição de valor;
- Se o VPL for igual que zero, é indiferente aceitar ou não o projeto.

2.3.2.3 Tempo de Retorno do Investimento - *payback*

Segundo Weston (2000) o período de *payback* é o período de tempo necessário para que as receitas líquidas de um determinado investimento na organização recuperem o custo do investimento. Este período é representado em anos.

Gitman (2002), complementa essa definição afirmando que o principal ponto fraco do período de *payback* é o não reconhecimento do fluxo de caixa após o período. Desta maneira no presente estudo, todo cálculo será realizado considerando o fluxo de caixa no período de 25 anos que representa a vida útil dos sistemas analisados.

2.3.2.4 Métodos da taxa interna de retorno – TIR e taxa mínima de atratividade – TMA

Segundo Assaf (2003), o método da taxa interna de retorno (TIR) representa a taxa de retorno que iguala, em determinado momento, o valor presente das entradas com o valor presente das saídas previstas de caixa. Normalmente, utiliza-se como referência a data de início do investimento período 0.

Segundo Assaf (2008), considerando os valores de caixa ocorrem em diferentes momentos, o método TIR ao levar em conta o valor do dinheiro no tempo, expressa na verdade a rentabilidade, se for uma aplicação, ou o custo, no caso de um empréstimo ou financiamento, do fluxo de caixa.

Segundo Casarotto (1998), neste método de avaliação, a aceitação ou a rejeição de determinada alternativa de investimento é decidida a partir da comparação da taxa interna de retorno TIR obtida com a chamada taxa mínima de atratividade (TMA) que representa o mínimo de rentabilidade que a empresa espera obter com o investimento.

Souza (2004) complementa essa definição afirmando que a TMA é considerada a melhor taxa, com menor risco disponível para a aplicação do capital em análise. A decisão de investir terá sempre pelo menos duas alternativas para serem apreciadas: investir no projeto ou investir na Taxa Mínima de Atratividade.

Sendo assim, para decidir se um investimento deve ou não ser realizado utilizando a TIR, é necessário compará-la à TMA, observando os seguintes critérios:

- Se $TIR > TMA$, o investimento deve ser realizado;
- Se $TIR < TMA$, o investimento não deve ser realizado.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados todos os métodos utilizados e detalhadas todas as etapas do presente estudo. Posteriormente, serão classificadas a finalidade e a natureza da pesquisa. Finalmente será apresentado o estudo de caso, realizado na Granja São Francisco em Oratórios – MG.

3.1 Caracterização da Pesquisa

Quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho pode ser caracterizado como pesquisa bibliográfica e estudo de caso único. A pesquisa bibliográfica foi utilizada com o intuito de compor a estrutura teórica, através da utilização de outras fontes usadas por outros pesquisadores. Já o Estudo de Caso, segundo Silva e Menezes (2001) consiste em um estudo profundo de um objeto, permitindo seu detalhado conhecimento, através de diversas análises de um fenômeno no seu contexto.

Quanto à sua natureza, o estudo classifica-se como pesquisa aplicada, devido ao seu interesse prático, ou seja, seus resultados podem ser aplicados na Granja estudada a fim de se alcançar eficiência energética (APOLINÁRIO, 2006). Quanto aos objetivos, este trabalho apresenta caráter descritivo, qualitativo e quantitativo. Segundo Turrioni e Mello (2012), o estudo é descritivo, pois, realiza uma descrição das características da fazenda, tornando possível a realização de relações entre as variáveis, bem como a confrontação dos dados obtidos com os dados encontrados na literatura.

Segundo Turrioni e Mello (2012), quanto à forma de abordar o problema, a pesquisa pode ser classificada em quantitativa e qualitativa, ou seja, combinada. O estudo é considerado qualitativo, pois, são obtidas informações sobre o assunto na revisão bibliográfica, e em seguida, os dados serão analisados com a finalidade de alcançar os objetivos propostos. Além disso, o estudo também é considerado quantitativo, uma vez que emprega métodos econômicos para dar suporte na quantificação do problema.

3.2 Procedimentos de coleta e análise de dados

Para realização da coleta e análise de dados foram utilizados os procedimentos descritos a seguir.

3.2.1 Pesquisa bibliográfica

- Levantamento na literatura objetivando conhecer a microgeração de energia através dos biodigestores na suinocultura;
- Análise da literatura da quantidade de dejetos gerados por cada suíno, quantidade de produção de biogás e sua conversão em energia elétrica;
- Levantamento na literatura com a finalidade de conhecer a microgeração de energia através da energia fotovoltaica;
- Para os cálculos de produção de energia através os biogases serão utilizados os dados da entrevista, bem como alguns dados da monografia Venâncio (2014) e da tese de doutorado Martins (2017) que também foram realizados na Granja São Francisco.

3.2.2 Aplicação do Questionário

- A revisão da literatura norteou a construção do questionário para que as perguntas fossem direcionadas a conseguir compreender as variáveis chaves que podem ocasionar variação na produção de energia e de fertilizantes;
- Aplicação do questionário semiestruturado com o gerente da granja Elton, para levantamento de informações sobre a granja São Francisco. O roteiro realizado para a entrevista continha 43 questões, sendo 17 abertas e 26 fechadas, abordando os dados gerais da Granja, área construída, quantidade de energia demandada, atividades desenvolvidas, bem como algumas questões referentes ao biodigestor já instalado;
- Após o levantamento dos dados oficiais primários, foi realizada uma criteriosa análise dos mesmos, visando comparar e confrontar com a bibliografia utilizada.

3.2.3 Análises Financeiras

Sendo assim, serão realizadas as duas análises descritas abaixo, objetivando realizar as análises quantitativas e qualitativas:

- Análise financeira dos sistemas foi desenvolvida através de cálculos do fluxo de caixa, VPL, *payback*, TMA e o TIR.

- Análise do potencial e percentual de crédito podem ser gerados como energia excedente que será alocada para as demais unidades;
- Análise qualitativa dos três cenários quanto aos seus aspectos econômicos, técnicos e ambientais.

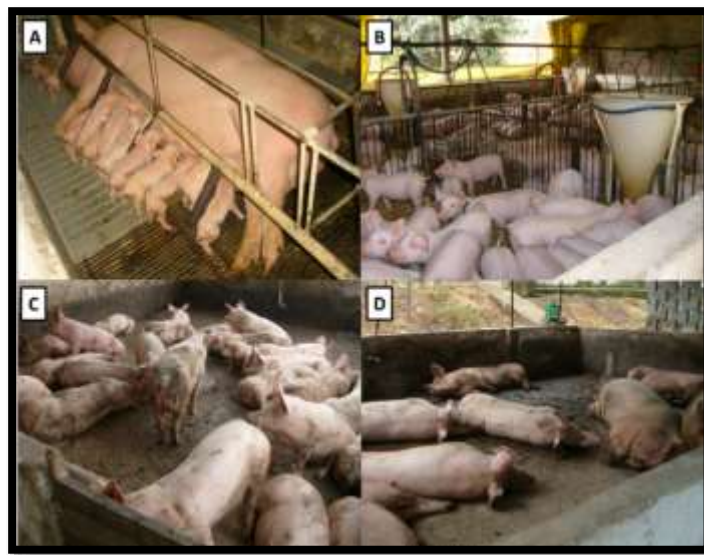
3.3 Estudo de caso da fazenda Granja São Francisco

3.3.1 Caracterização do local

O estudo foi realizado em uma granja suinícola chamada Granja São Francisco, localizada na Rodovia Ponte Nova a Oratórios LGM -828, na região da Zona da Mata mineira, considerada entre as maiores regiões de suinocultura do país.

O sistema de produção utilizado na granja é do tipo confinado e de ciclo completo, ou seja, desde a aquisição do material genético até a entrega dos suínos de abate na plataforma do frigorífico. Atualmente a granja apresenta na reprodução 720 gaiolas que ocupam 3 galpões; na maternidade são 17 salas com 170 gaiolas cada; na creche são 11 salas com 240 animais e 7 salas com 120 animais. Na terminação são 190 baias com 40 animais cada, subdivididos em 4 galpões. No total, a granja apresenta 12.000 suínos e conta com 900 matrizes. Os galpões dos suínos possuem pisos cimentados e são separados de acordo com sua fase, sendo divididos entre maternidade, creche, crescimento e terminação conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12: A) Maternidade; B) Creche; C) Crescimento;
D) Terminação



Fonte: Venâncio (2014)

A fazenda abrange uma área de 47.000 m², sendo que destes, 14.562 m² correspondem a áreas construídas e desenvolve desde 1994 as atividades de produção de biogás, fabricação de ração e de biofertilizantes.

Podemos observar que entre os anos de 2014 e 2019 (Figuras 14 e 15), houveram algumas ampliações na granja e em decorrência disso os biodigestores não são capazes de produzir energia elétrica suficiente para suprir toda a demanda energética da fazenda.

Figura 13: Fotografia aérea da Granja em 2008



Fonte: Venâncio (2014)

Figura 14: Fotografia aérea da Granja 2020



Fonte: Google Maps – Satélite (2019)

A ração fornecida aos animais é basicamente composta por milho e soja, variando em cada fase, sendo produzida na própria propriedade (Figura 16).

Figura 15: Galpão onde ocorre a fabricação de Ração



Fonte: Venâncio (2014)

Em 2005, através de um acordo de comodato, a empresa AgCert instalou dois biodigestores, com objetivo de comercializar créditos de carbono obtidos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que visa diminuir a emissão dos gases do efeito estufa (GEE). Porém, devido a problemas financeiros, essa empresa foi à falência em 2009 (Figura 17).

Figura 16: Visão lateral do Biodigestor

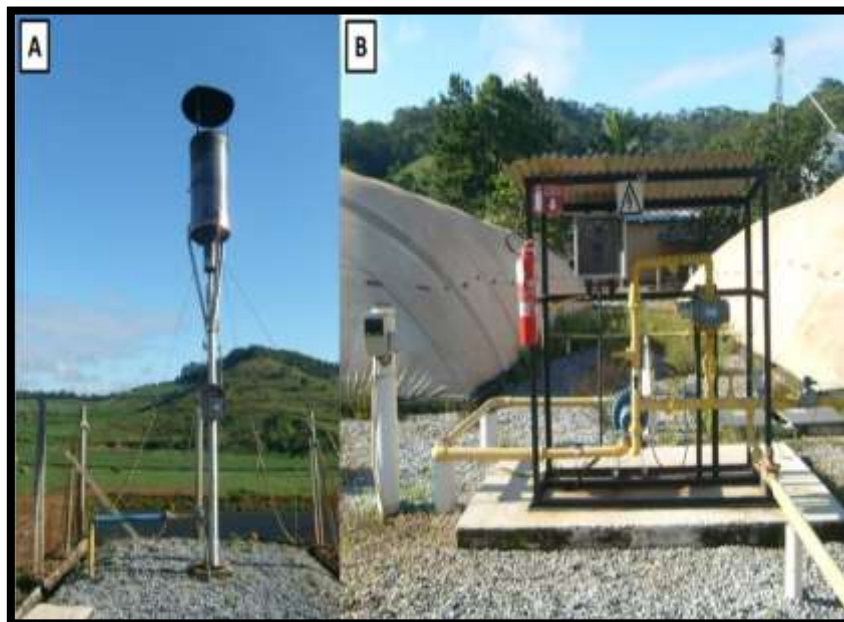


Fonte: Venâncio (2014)

Os biodigestores têm como finalidade a produção de energia e biofertilizante, sendo que o último, é utilizado nas pastagens da granja. Eles são do tipo tubular e fabricados com lona de policloreto de vinila (PVC).

Sabendo-se que na granja são produzidos e encaminhados para os biodigestores em média, 45.000 L/dia de efluentes por dia. Tais efluentes são originados da limpeza dos galpões, da água desperdiçada dos bebedouros e dos dejetos dos animais. A limpeza é realizada diariamente, com o objetivo de evitar o acúmulo de dejetos, geração de odores desagradáveis e aglomeração de insetos. Após a lavagem, o rejeito é encaminhado por gravidade aos biodigestores por meio das tubulações. O biogás, que fica acumulado sob a lona do biodigestor é bombeado por meio de uma tubulação para dois geradores. Um gerador funciona 24 horas por dia e o outro funciona apenas 8 horas. Cada um tem uma potência de 54 Kva, sendo utilizados para geração de energia elétrica. Na Figura 18, mostra-se o queimador de gás e a tubulação.

Figura 17:(A) Queimador de biogás (B) Tubulação de gás



Fonte: Venâncio (2014)

Após a matéria orgânica passar pelo biodigestor, ela segue por uma tubulação até a lagoa de estabilização e logo após é utilizada como fertilizante orgânico para as pastagens através de um sistema de aspersão (Figuras 19 e 20).

Figura 18: Efluente após ter passado pelo biodigestor



Fonte: Venâncio (2014)

Figura 19: Pastagem irrigada com biofertilizante



Fonte: Venâncio (2014)

4. RESULTADOS E DISCUSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados encontrados para o dimensionamento dos três cenários apresentados. Após a aplicação de técnicas de projeto de duas importantes fontes de energia renovável, a energia solar fotovoltaica e o biogás, onde o objetivo foi calcular a viabilidade para que o local não tenha custos diretos com energia elétrica, ou seja, que sua fatura seja reduzida ao máximo, sendo faturado apenas o custo de disponibilidade, encargos como iluminação pública e bandeiras tarifárias. Para a validação dos dados obtidos foi realizada a confrontação das informações de produção de biogás obtidas através da entrevista com as disponíveis no referencial teórico.

4.1 Dimensionamento do Cenário Atual

4.1.1 Resumo dos dados e dimensionamento de custos cenário atual Biogás – Energia da Rede

Conforme mencionado anteriormente na granja em estudo já existe um sistema de biogás instalado desde o ano de 2004. Porém este sistema está abatendo cerca de apenas 17,62% do consumo atual. O sistema de captação de dejetos suínos passam por diversas etapas até chegar ao biodigestor, onde o gás é canalizado e levado até dois geradores com potência de 75 kVA cada. O gerador 1 opera 24 horas por dia, realizando paradas de 2 horas e meia de 300 em 300 horas para manutenção simples de limpeza e troca de óleo. O gerador 2 funciona de 7:00 hs até as 16:00 hs, sendo que no restante desse tempo é utilizada a energia da rede de distribuição da Concessionária local – a Cemig.

4.1.1.1 Capacidade Teórica de produção de biogás

Para o cálculo do volume de biogás produzido, foi utilizada a relação de dejetos/biogás de que a cada 1 kg de dejetos suínos injetados no biodigestor são gerados 0,45 m³ de biogás (OLIVEIRA, 2002). Utilizando essa relação, chegamos em um total de 469 kg por dia na fazenda.

O cálculo de energia elétrica gerada, considera que para produzir 1 kWh são necessários 0,62 m³ de biogás, sendo a eficiência de conversão do biogás em energia elétrica em grupos geradores de aproximadamente 25 % (AISSE, 1982).

A partir do total de dejetos produzidos diariamente e da quantidade de suínos, tornou-se possível estimar a quantidade de biogás produzido diariamente. Na fazenda encontramos a produção de 60.123 Kwh por dia de energia.

Assim, a capacidade de geração média mensal de 1.803.690,00 KWh. Esta produção de biogás não condiz com a realidade atual da granja pois os biodigestores encontram-se assoreados. Na seção abaixo será realizado o cálculo da quantidade real de energia elétrica que a granja utiliza através do biogás.

4.1.1.2 Capacidade de produção de biogás calculada pelo consumo dos geradores da granja

A estimativa de geração mensal deste biodigestor pode ser vista no cálculo, como:

(Potência do Gerador em Estado Contínuo [KW] * Horas de Operação * Dias no Mês)

Gerador 1: $(60 \times 8 \times 30) = 14.400$ kWh/mensal

Gerador 2: $(60 \times 19 \times 30) = 34.200$ Kwh/mensal


Total: 48.600 kwh/mensal

Isto mostra que a geração máxima prevista a ser realizada pelos geradores está muito aquém da estimativa de carga realizada no item 4.1.1.1 baseada na literatura.

O consumo nas 3 faturas de energia das instalações da granja, totalizam o valor de R\$ 5.413,04 conforme pode-se observar na figura 20.

Figura 20: Faturas de Energia da Granja São Francisco

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | | Acesse o Cemig Atende www.cemigatende.com.br | |
| Cemig Distribuição S.A. CNPJ 00.581.180/0001-10 / Insc. Estadual 002.322139/0007 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG | | Fale com a Cemig 116 Cemig Torpedo 29610 Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 | |
| FERNANDO GOMES MARTINS GRANJA SAO FRANCISCO 99999 SI AREA RURAL 35439-000 ORATORIOS, MG CPF 372.854.326-87 | | Nº DO CLIENTE 7003681954 | Nº DA INSTALAÇÃO 3010552943 |
| | | Referente a DEZ/2019 | Vencimento 27/01/2020 |
| | | Valor a pagar (R\$) 1.812,38 | |
| 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA | | | |
| Classe Rural Monofásico | Subclasse Agropecuária Rural | Modalidade Tarifária Convencional B2 | Datas de Leitura Anterior 18/11 Atual 16/12 Próxima 16/01 |
| Data de Emissão 16/12/2019 | | | |
| Informações Técnicas | | | |
| Tipo de Medição Energia kWh | Medição AJK134006083 | Leitura Anterior 94.008 | Leitura Atual 96.674 |
| | | Constante de Multiplicação 1 | Consumo kWh 2.666 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | | Acesse o Cemig Atende www.cemigatende.com.br | |
| Cemig Distribuição S.A. CNPJ 00.581.180/0001-10 / Insc. Estadual 002.322139/0007 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG | | Fale com a Cemig 116 Cemig Torpedo 29610 Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 | |
| FERNANDO GOMES MARTINS RR001-00176-PT 38 RR RURAIS EPAMIG 9999 PT 38 EPAMIG 35439-000 ORATORIOS, MG CPF 372.854.326-87 | | Nº DO CLIENTE 7003681954 | Nº DA INSTALAÇÃO 3004974008 |
| | | Referente a DEZ/2019 | Vencimento 08/01/2020 |
| | | Valor a pagar (R\$) 1.808,97 | |
| 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA | | | |
| Classe Rural Trifásico | Subclasse Agropecuária Rural | Modalidade Tarifária Convencional B2 | Datas de Leitura Anterior 18/11 Atual 16/12 Próxima 16/01 |
| Data de Emissão 16/12/2019 | | | |
| Informações Técnicas | | | |
| Tipo de Medição Energia kWh | Medição BMD965001380 | Leitura Anterior 35.475 | Leitura Atual 35.551 |
| | | Constante de Multiplicação 40 | Consumo kWh 3.040 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  | | Acesse o Cemig Atende www.cemigatende.com.br | |
| Cemig Distribuição S.A. CNPJ 00.581.180/0001-10 / Insc. Estadual 002.322139/0007 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG | | Fale com a Cemig 116 Cemig Torpedo 29610 Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002 | |
| FERNANDO GOMES MARTINS GRANJA SAO FRANCISCO 99999 PT 38 AREA RURAL 35439-000 ORATORIOS, MG CPF 372.854.326-87 | | Nº DO CLIENTE 7003681954 | Nº DA INSTALAÇÃO 3004220067 |
| | | Referente a DEZ/2019 | Vencimento 08/01/2020 |
| | | Valor a pagar (R\$) 1.791,69 | |
| 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA | | | |
| Classe Rural Trifásico | Subclasse Agropecuária Rural | Modalidade Tarifária Convencional B2 | Datas de Leitura Anterior 18/11 Atual 16/12 Próxima 16/01 |
| Data de Emissão 16/12/2019 | | | |
| Informações Técnicas | | | |
| Tipo de Medição Energia kWh | Medição ARC156008565 | Leitura Anterior 14.202 | Leitura Atual 16.928 |
| | | Constante de Multiplicação 1 | Consumo kWh 2.726 |

Para a implementação da adequação deste sistema, foi solicitado em uma empresa parceira um orçamento. Investimento Total: R\$ 320.000,00. Na Tabela 1, são apresentados todos os custos dos equipamentos utilizados para implantação e manutenção dos biodigestores durante 25 anos que corresponde o tempo de vida útil considerado para os sistemas biogás e solar. Nesta tabela também está incluso o custo com energia elétrica referente as faturas de energia da fazenda.

Tabela 2: Custos Gerais Cenário Atual

| Descrição | Quantidade | Valor Unitário | Sub. Total |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Investimento Inicial | | | |
| Biodigestores | 2 un. | R\$ 36.600,00 | R\$ 73.200,00 |
| Manta Plástica | 1.200 m ² | R\$ 18,69 | R\$ 22.428,00 |
| Rede de Tubulações | 320 m | R\$ 20,00 | R\$ 6.400,00 |
| Cano PVC | 200 m | R\$ 87,00 | R\$ 17.400,00 |
| Motor Gerador de Energia | 2 un. | R\$ 5.000,00 | R\$ 10.000,00 |
| Subtotal | | | R\$ 129.428,00 |
| Montagem | | | |
| Terraplanagem | 430 horas | R\$ 300,00 | R\$ 129.000,00 |
| Obras Cíveis | 1 un. | R\$ 33.000,00 | R\$ 33.000,00 |
| Instalação, montagem, frete e mão de obra | 1 un. | R\$ 28.572,00 | R\$ 28.572,00 |
| Subtotal | | | R\$ 190.572,00 |
| Manutenção | | | |
| Mensal | 25 anos | R\$ 300,00 | R\$ 90.000,00 |
| Troca da Manta | 2 un. | R\$ 22.428,00 | R\$ 44.836,00 |
| Limpeza Interna | 2 un. | R\$ 720,00 | R\$ 1.440,00 |
| Subtotal | | | R\$ 136.276,00 |
| Salário do Funcionário | 25 anos | R\$ 1.045,00 | R\$ 557.326,69 |
| Funcionário | | | |
| Contas de Energia | | | |
| Contas da Granja | 25 anos | R\$ 5.413,04 | R\$ 342.369,57 |
| Total | | | R\$ 1.355.972,26 |

Para realização da planilha de custos que serviu como base para o fluxo de caixa, foram utilizadas as seguintes premissas:

- Conforme mencionado na entrevista, a troca da manta e a limpeza do lodo interno ocorrem de 10 em 10 anos, portanto duas vezes no período analisado;

- O salário do funcionário responsável pela manutenção foi calculado com base no salário mínimo de 2020, no valor de R\$ 1.045,00, considerando a taxa de aumento de 4,48 % ao ano.
- A inflação considerada para as contas de energia elétrica foi de 0,7 ao ano.

4.1.1.3 Resultados cenário atual Biogás – Energia da Rede

Para se iniciar o estudo do biogás, foi verificado que a propriedade já encontra com um modelo instalado, com 24 horas de funcionamento diário, que compensa diretamente cerca de apenas 17,62% do consumo total. Esta geração se dá através da coleta dos dejetos dos 12.000 suínos. Na tabela 2 serão apresentados os principais parâmetros do cenário atual.

Tabela 3: Resumo parâmetros cenário atual

| Descrição dos Parâmetros | Valores |
|---|---------------|
| Quantidade de Suínos e Matrizes | 12.000 suínos |
| Produção de Efluentes por dia | 45.000 litros |
| Geração de Energia Gerador 1 por mês | 14.400 Kwh |
| Geração de Energia Gerador 2 por mês | 34.200 Kwh |
| Energia elétrica em relação a geração de biogás por mês | 48.600 Kwh |
| Energia elétrica em relação a geração de biogás por ano | 583.200 Kwh |

Na tabela 4 serão apresentados os custos do cenário atual.

Tabela 4: Cálculo dos custos cenário atual biogás + energia Cemig

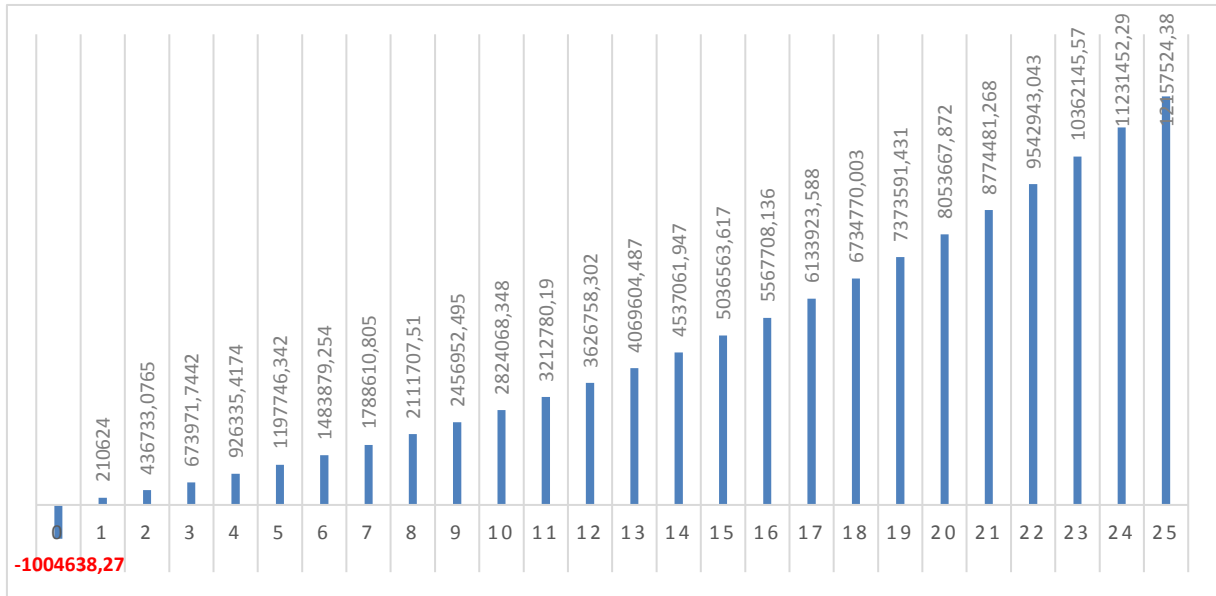
| PERÍODO | VALOR DA TARIFA | PRODUÇÃO DE ENERGIA | MANUTENÇÃO | TROCA DA MANTA | LIMPEZA INTERNA | CONTA DE ENERGIA | SALÁRIO FUNCIONÁRIO |
|---------------|-----------------|---------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| 0 | | | | | | | |
| 1 | R\$ 0,64 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 5.413,04 | R\$ 12.540,00 |
| 2 | R\$ 0,68 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 5.791,95 | R\$ 13.101,79 |
| 3 | R\$ 0,73 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 6.197,39 | R\$ 13.688,75 |
| 4 | R\$ 0,78 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 6.631,21 | R\$ 14.302,01 |
| 5 | R\$ 0,84 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 7.095,39 | R\$ 14.942,74 |
| 6 | R\$ 0,90 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 7.592,07 | R\$ 15.612,17 |
| 7 | R\$ 0,96 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 8.123,51 | R\$ 16.311,60 |
| 8 | R\$ 1,03 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 8.692,16 | R\$ 17.042,36 |
| 9 | R\$ 1,10 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 9.300,61 | R\$ 17.805,86 |
| 10 | R\$ 1,18 | 583200 | R\$ 3.600,00 | R\$ 22.418,00 | R\$ 720,00 | R\$ 9.951,65 | R\$ 18.603,56 |
| 11 | R\$ 1,26 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 10.648,27 | R\$ 19.437,00 |
| 12 | R\$ 1,35 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 11.393,65 | R\$ 20.307,77 |
| 13 | R\$ 1,44 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 12.191,20 | R\$ 21.217,56 |
| 14 | R\$ 1,54 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 13.044,59 | R\$ 22.168,11 |
| 15 | R\$ 1,65 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 13.957,71 | R\$ 23.161,24 |
| 16 | R\$ 1,77 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 14.934,75 | R\$ 24.198,86 |
| 17 | R\$ 1,89 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 15.980,18 | R\$ 25.282,97 |
| 18 | R\$ 2,02 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 17.098,79 | R\$ 26.415,65 |
| 19 | R\$ 2,16 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 18.295,71 | R\$ 27.599,07 |
| 20 | R\$ 2,31 | 583200 | R\$ 3.600,00 | R\$ 22.418,00 | R\$ 720,00 | R\$ 19.576,41 | R\$ 28.835,51 |
| 21 | R\$ 2,48 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 20.946,76 | R\$ 30.127,34 |
| 22 | R\$ 2,65 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 22.413,03 | R\$ 31.477,05 |
| 23 | R\$ 2,84 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 23.981,94 | R\$ 32.887,22 |
| 24 | R\$ 3,03 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 25.660,68 | R\$ 34.360,57 |
| 25 | R\$ 3,25 | 583200 | R\$ 3.600,00 | | | R\$ 27.456,93 | R\$ 35.899,92 |
| TOTAIS | | | R\$ 90.000,00 | R\$ 44.836,00 | R\$ 1.440,00 | R\$ 342.369,57 | R\$ 557.326,69 |

Já com base nos dados de viabilidade financeira, com um investimento total de R\$ 320.000,00, com custos de manutenção, funcionário, juntamente com as contas de energia, totalizam um valor de R\$ 1.004.638,27. O *payback* simples do sistema, considerando apenas o custo inicial se dá em 1 ano. O cálculo esse que levou em consideração o reajuste tarifário e tornando assim o sistema viável para instalação. Levando em consideração um período de 25 anos o TIR médio é de 8,75 % ao ano, e o VPL é de R\$ 9.096.141,83 VPL é o valor, no presente, que estará em caixa, já descontado o valor do investimento, com uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 0,6 % ao mês, conforme pode-se observar na Tabela 4 e no Gráfico 4 que retratam o *payback*.

Tabela 5: Cálculos para análise financeira cenário atual

| PERIODO | FLUXO DE CAIXA | VPL | PAY BACK |
|---------|------------------|-----------------|-------------------|
| 0 | -R\$ 320.000,00 | -R\$ 320.000,00 | -R\$ 320.000,00 |
| 1 | R\$ 351.694,96 | R\$ 331.787,70 | R\$ 31.694,96 |
| 2 | R\$ 376.881,62 | R\$ 335.423,30 | R\$ 408.576,58 |
| 3 | R\$ 403.845,49 | R\$ 339.076,46 | R\$ 812.422,07 |
| 4 | R\$ 432.711,63 | R\$ 342.748,14 | R\$ 1.245.133,70 |
| 5 | R\$ 463.613,86 | R\$ 346.439,25 | R\$ 1.708.747,56 |
| 6 | R\$ 496.695,39 | R\$ 350.150,65 | R\$ 2.205.442,95 |
| 7 | R\$ 532.109,49 | R\$ 353.883,20 | R\$ 2.737.552,44 |
| 8 | R\$ 570.020,21 | R\$ 357.637,73 | R\$ 3.307.572,65 |
| 9 | R\$ 610.603,09 | R\$ 361.415,03 | R\$ 3.918.175,74 |
| 10 | R\$ 630.908,01 | R\$ 352.295,74 | R\$ 4.549.083,75 |
| 11 | R\$ 700.550,04 | R\$ 369.041,02 | R\$ 5.249.633,79 |
| 12 | R\$ 750.330,36 | R\$ 372.891,20 | R\$ 5.999.964,15 |
| 13 | R\$ 803.617,24 | R\$ 376.767,12 | R\$ 6.803.581,39 |
| 14 | R\$ 860.657,13 | R\$ 380.669,48 | R\$ 7.664.238,52 |
| 15 | R\$ 921.713,76 | R\$ 384.598,95 | R\$ 8.585.952,29 |
| 16 | R\$ 987.069,39 | R\$ 388.556,20 | R\$ 9.573.021,68 |
| 17 | R\$ 1.057.026,06 | R\$ 392.541,87 | R\$ 10.630.047,74 |
| 18 | R\$ 1.131.907,02 | R\$ 396.556,60 | R\$ 11.761.954,75 |
| 19 | R\$ 1.212.058,18 | R\$ 400.601,00 | R\$ 12.974.012,93 |
| 20 | R\$ 1.274.711,75 | R\$ 397.461,15 | R\$ 14.248.724,68 |
| 21 | R\$ 1.389.677,89 | R\$ 408.781,26 | R\$ 15.638.402,57 |
| 22 | R\$ 1.487.966,55 | R\$ 412.918,30 | R\$ 17.126.369,12 |
| 23 | R\$ 1.593.169,43 | R\$ 417.087,39 | R\$ 18.719.538,55 |
| 24 | R\$ 1.705.772,05 | R\$ 421.289,10 | R\$ 20.425.310,60 |
| 25 | R\$ 1.826.293,98 | R\$ 425.524,00 | R\$ 22.251.604,57 |

Gráfico 4: Fluxo de caixa cenário atual



4.2 Dimensionamento cenário proposto híbrido Biogás – Solar

A Tabela 5 resume os principais dados do sistema de energia fotovoltaica utilizados para o cenário Proposto.

Tabela 6: Resumo dos parâmetros pré-dimensionais do sistema fotovoltaico para o cenário proposto

| Descrição dos Parâmetros | Valores |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Consumo Médio Mensal | 8.597 Kwh |
| Incidência Solar | 4,81 Kwh/M ² |
| Potência Mínima Necessária | 59,25 KWp |
| Área ocupada pelo sistema | 316 m ² |
| Geração de energia elétrica por mês | 8.638 Kwh/mês |
| Geração de energia elétrica por ano | 103.656 Kwh/ano |

4.2.1.1 Dimensionamento dos equipamentos e custo do sistema

O kit gerador de energia fotovoltaico de 59.25 kWp é composto por:

- Descrição: Kit Gerador 35.25kwp - Solaredge SE 27.6K 380V - QCELLS L- G5.0.G 375w
- Descrição: Kit Gerador 24Kwp - Solaredge SE 27.6K 380V - QCELLS L-G5.0.G 375W
- Telhado: Trapezoidal.

O Tabela 6 mostra todos os equipamentos que serão utilizados para instalação do sistema.

Tabela 6: Levantamento dos equipamentos e p custo inicial do sistema fotovoltaico

| Quantidade | Unidade | Produto |
|------------------------------------|---------|--|
| 158 | UND | Q CELLS L-G5. 72 células 375w 21% eficiência |
| 2 | UND | Inversor solar solaredge se27.6k 380v |
| 79 | UND | Otimizador de potência solaredge p850 |
| 79 | UND | Parafuso autobrocante 8x10 |
| 79 | UND | Arruela diâmetro interno 9 zincado |
| 2 | UND | String box 3 entradas / 3 saídas |
| 173.8 | M | Cabo solar 6,0mm 0,6/1KV 1500V DC preto |
| 347.6 | M | Cabo solar 6,0mm 0,6/1KV 1500V DC vermelho |
| 20 | UND | Conector tipo ilhós 6mm |
| 32 | UND | Staubli conector mc4 320016p0001-ur pv-kbt4/6ü-ur acopladora fêmea |
| 32 | UND | Staubli conector mc4 32.0017p0001-ur pv-kst4/6ü-ur acoplador macho |
| 60 | M | CABO EPR / XLPE 1KV 90°- 16mm - preto |
| 80 | UND | Perfil alumínio - h2 4200mm high power |
| 6 | UND | Haste de cobre para aterramento 1/2" Com conector |
| 8 | UND | Conector derivação perfurante (9-95mm) |
| 60 | UND | Terminal tubular 16mm |
| 12 | UND | Unidut cônico 1 1/2" |
| 30 | UND | Parafuso Philips para bucha 8mm - com bucha |
| 4 | UND | Disjuntor termomagnético tripolar 50a |
| 6 | UND | Dispositivo de proteção contra surto (dps) 275vc - 45ka |
| 40 | M | Cabo Flex 750V PVC 70°- 6mm - verde |
| 20 | UND | Duto flexível 2" (resistente aos raios uv) |
| 8 | UND | Curva PVC eletroduto anti chama 1 1/2" |
| 6 | UND | Organizador de fios Espiral 1" - Preto |
| 30 | UND | Bucha com aba 10 |
| 6 | UND | Caixa de inspeção de pvc para aterramento |
| 30 | UND | Bucha com aba 8 |
| Valor Total do Investimento | | RS 251.904,82 |

4.2.1.2 Análise financeira do sistema biogás-solar

O sistema proposto já projetado, instalado, comissionado, com todos os laudos, documentação de acesso a concessionária tem o valor de investimento de R\$ 251.904,82 (duzentos e cinquenta e um mil reais, novecentos e quatro reais e oitenta e dois centavos).

Com base nestes dados e também levando em consideração um reajuste tarifário de 7% ao ano e uma depreciação na geração de energia de 0,6% ao ano, segue abaixo na tabela 8 todos os custos inerentes ao cenário biogás solar.

Tabela 7: Custos cenário biogás-solar

| PERÍODO | VALOR DA TARIFA | PRODUÇÃO DE ENERGIA-TOTAL | MANUTENÇÃO - TOTAL | TROCA DA MANTA | LIMPEZA INTERNA | CONTA DE ENERGIA | SALÁRIO FUNCIONÁRIO |
|---------|-----------------|---------------------------|--------------------|----------------|-----------------|------------------|---------------------|
| 0 | | | | | | | |
| 1 | R\$ 0,64 | 125300,28 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.587,00 | R\$ 12.540,00 |
| 2 | R\$ 0,68 | 124548,4783 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.698,09 | R\$ 13.101,79 |
| 3 | R\$ 0,73 | 123801,1875 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.816,96 | R\$ 13.688,75 |
| 4 | R\$ 0,78 | 123058,3803 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.944,14 | R\$ 14.302,01 |
| 5 | R\$ 0,84 | 122320,03 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.080,23 | R\$ 14.942,74 |
| 6 | R\$ 0,90 | 121586,1099 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.225,85 | R\$ 15.612,17 |
| 7 | R\$ 0,96 | 120856,5932 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.381,66 | R\$ 16.311,60 |
| 8 | R\$ 1,03 | 120131,4536 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.548,38 | R\$ 17.042,36 |
| 9 | R\$ 1,10 | 119410,6649 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.726,76 | R\$ 17.805,86 |
| 10 | R\$ 1,18 | 118694,2009 | R\$ 3.851,90 | R\$ 22.418,00 | R\$ 720,00 | R\$ 2.917,63 | R\$ 18.603,56 |
| 11 | R\$ 1,26 | 117982,0357 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.121,87 | R\$ 19.437,00 |
| 12 | R\$ 1,35 | 117274,1435 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.340,40 | R\$ 20.307,77 |
| 13 | R\$ 1,44 | 116570,4987 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.574,23 | R\$ 21.217,56 |
| 14 | R\$ 1,54 | 115871,0757 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.824,42 | R\$ 22.168,11 |
| 15 | R\$ 1,65 | 115175,8492 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 4.092,13 | R\$ 23.161,24 |
| 16 | R\$ 1,77 | 114484,7941 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 4.378,58 | R\$ 24.198,86 |
| 17 | R\$ 1,89 | 113797,8853 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 4.685,08 | R\$ 25.282,97 |
| 18 | R\$ 2,02 | 113115,098 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 5.013,04 | R\$ 26.415,65 |
| 19 | R\$ 2,16 | 112436,4074 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 5.363,95 | R\$ 27.599,07 |
| 20 | R\$ 2,31 | 111761,789 | R\$ 3.851,90 | R\$ 22.418,00 | R\$ 720,00 | R\$ 5.739,43 | R\$ 28.835,51 |
| 21 | R\$ 2,48 | 111091,2183 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 6.141,19 | R\$ 30.127,34 |
| 22 | R\$ 2,65 | 110424,671 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 6.571,07 | R\$ 31.477,05 |
| 23 | R\$ 2,84 | 109762,1229 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 7.031,05 | R\$ 32.887,22 |
| 24 | R\$ 3,03 | 109103,5502 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 7.523,22 | R\$ 34.360,57 |
| 25 | R\$ 3,25 | 108448,9289 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 8.049,85 | R\$ 35.899,92 |

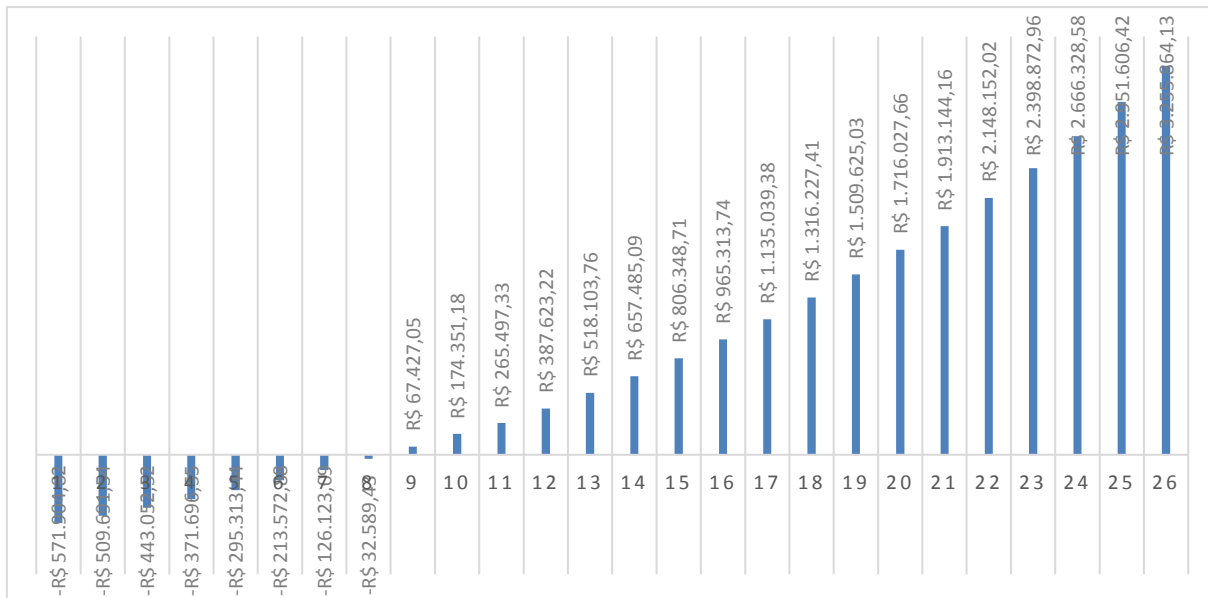
4.2.1.3 Resultados cenário proposto Biogás -Solar

Para avaliarmos os resultados financeiros do cenário biogás-solar, foram realizados o cálculo do fluxo de caixa, VPL e *payback* simples do sistema, que pode ser verificado na Tabela 9 e no Gráfico 5:

Tabela 8: Resultados dos cálculos para análise financeira cenário biogás-solar

| PERIODO | FLUXO DE CAIXA | VPL | PAY BACK |
|---------|-----------------|-----------------|------------------|
| 0 | -R\$ 571.904,82 | -R\$ 571.904,82 | -R\$ 571.904,82 |
| 1 | R\$ 62.213,28 | R\$ 58.691,77 | -R\$ 509.691,54 |
| 2 | R\$ 66.639,02 | R\$ 59.308,49 | -R\$ 443.052,52 |
| 3 | R\$ 71.355,98 | R\$ 59.911,86 | -R\$ 371.696,55 |
| 4 | R\$ 76.383,11 | R\$ 60.502,57 | -R\$ 295.313,44 |
| 5 | R\$ 81.740,56 | R\$ 61.081,30 | -R\$ 213.572,88 |
| 6 | R\$ 87.449,80 | R\$ 61.648,65 | -R\$ 126.123,09 |
| 7 | R\$ 93.533,66 | R\$ 62.205,23 | -R\$ 32.589,43 |
| 8 | R\$ 100.016,48 | R\$ 62.751,58 | R\$ 67.427,05 |
| 9 | R\$ 106.924,13 | R\$ 63.288,23 | R\$ 174.351,18 |
| 10 | R\$ 91.146,15 | R\$ 50.895,54 | R\$ 265.497,33 |
| 11 | R\$ 122.125,89 | R\$ 64.334,39 | R\$ 387.623,22 |
| 12 | R\$ 130.480,54 | R\$ 64.844,83 | R\$ 518.103,76 |
| 13 | R\$ 139.381,33 | R\$ 65.347,41 | R\$ 657.485,09 |
| 14 | R\$ 148.863,62 | R\$ 65.842,52 | R\$ 806.348,71 |
| 15 | R\$ 158.965,04 | R\$ 66.330,56 | R\$ 965.313,74 |
| 16 | R\$ 169.725,63 | R\$ 66.811,86 | R\$ 1.135.039,38 |
| 17 | R\$ 181.188,04 | R\$ 67.286,79 | R\$ 1.316.227,41 |
| 18 | R\$ 193.397,61 | R\$ 67.755,65 | R\$ 1.509.625,03 |
| 19 | R\$ 206.402,64 | R\$ 68.218,76 | R\$ 1.716.027,66 |
| 20 | R\$ 197.116,50 | R\$ 61.461,86 | R\$ 1.913.144,16 |
| 21 | R\$ 235.007,86 | R\$ 69.128,83 | R\$ 2.148.152,02 |
| 22 | R\$ 250.720,93 | R\$ 69.576,34 | R\$ 2.398.872,96 |
| 23 | R\$ 267.455,63 | R\$ 70.019,15 | R\$ 2.666.328,58 |
| 24 | R\$ 285.277,84 | R\$ 70.457,51 | R\$ 2.951.606,42 |
| 25 | R\$ 304.257,70 | R\$ 70.891,63 | R\$ 3.255.864,13 |

Gráfico 5: Fluxo de caixa cenário biogás-solar



Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico a ser implementado, foi utilizado como dado base as três faturas de energia elétrica da granja, onde se verificou que a média do consumo do último ano resultou em 8.638 kWh/mês. Sendo assim, o sistema foi dimensionado para atender essa demanda. Ressalta-se que em termos financeiros, utilizando a tarifa de R\$ 0,63906432 por kWh, o projeto tem um custo estimado de R\$ R\$ 251.904,82

Após a análise dos dados da granja, o sistema fotovoltaico foi dimensionado para atender a demanda de 59.25 kWp, com a utilização de 158 placas de 375 W. A área utilizada pelo sistema é de 360 m². Já com base nos dados de viabilidade financeira, com um investimento de R\$ 251.904,82, o *payback* simples do sistema se dá em 7 anos, cálculo esse que levou em consideração o reajuste tarifário e a depreciação do sistema de 0,6 % ao ano e o aumento da tarifa de 7% ano, tornando assim o sistema viável para instalação. Levando em consideração um período de 25 anos o TIR médio é de 10% ao ano, e o VPL é de R\$ 1.036.688,47, ou seja, este valor estará em caixa após os 25 anos, já descontado o valor do investimento, com uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 0,6 % ao mês.

4.3 Dimensionamento cenário proposto Biogás – Solar para microgeração distribuída - autoconsumo remoto

Para o valor, vamos considerar o mesmo valor pago por KWp do orçamento realizado de R\$ 4.251,56

Considerando a energia hoje a 0,64, para que possa ser um investimento atrativo seria interessante vender com 40% de desconto: $0,63 - 40\% = 0,378$

Além disso, a área disponível de telhado é de 14.562 m², porém o cálculo foi realizado considerando a utilização de apenas 50 % da área disponível, totalizando 7.281 m².

Como cada placa ocupa uma dimensão de 2 m², o sistema projetado suporta 3.640 placas. A potência estimada para o projeto é de $3.640 \times 375 \text{ W} = 1.365 \text{ KWp}$.

A geração para esse sistema mensal seria de $(1.365 \text{ KWp} \times 4,81 \text{ Kwh/M}^2 \times 30) + 10\% = 216.666,45 \text{ Kwh/mês}$. Considera-se 10% a mais para garantir a produção. Retirando a demanda da fazenda de 8.597 Kwh estariam disponíveis 208.069,45 kwh para geração de créditos e distribuição através do autoconsumo remoto.

Na Tabela 10 podem ser verificados os custos levantados para instalação do sistema.

Tabela 9: Custos cenário biogás-solar para geração de créditos

| PERÍODO | SIMULAÇÃO DE VALOR DA TARIFA | PRODUÇÃO DE ENERGIA EXCEDENTE - CRÉDITOS | MANUTENÇÃO - TOTAL | TROCA DA MANTA | LIMPEZA INTERNA | CONTA DE ENERGIA | CRÉDITOS DE ENERGIA - AUTOCONSUMO REMOTO | MANUTENÇÃO - TOTAL | SALÁRIO FUNCIONÁRIO |
|---------|------------------------------|--|--------------------|----------------|-----------------|------------------|--|--------------------|---------------------|
| 0 | | | | | | | | | |
| 1 | R\$ 0,38 | 2496833,4 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.587,00 | R\$ 943.803,03 | R\$ 5.551,47 | R\$ 12.540,00 |
| 2 | R\$ 0,40 | 2481852,4 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.698,09 | R\$ 1.003.810,02 | R\$ 5.551,47 | R\$ 13.101,79 |
| 3 | R\$ 0,43 | 2466961,285 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.816,96 | R\$ 1.067.632,26 | R\$ 5.551,47 | R\$ 13.688,75 |
| 4 | R\$ 0,46 | 2452159,517 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 1.944,14 | R\$ 1.135.512,32 | R\$ 5.551,47 | R\$ 14.302,01 |
| 5 | R\$ 0,50 | 2437446,56 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.080,23 | R\$ 1.207.708,20 | R\$ 5.551,47 | R\$ 14.942,74 |
| 6 | R\$ 0,53 | 2422821,881 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.225,85 | R\$ 1.284.494,28 | R\$ 5.551,47 | R\$ 15.612,17 |
| 7 | R\$ 0,57 | 2408284,95 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.381,66 | R\$ 1.366.162,43 | R\$ 5.551,47 | R\$ 16.311,60 |
| 8 | R\$ 0,61 | 2393835,24 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.548,38 | R\$ 1.453.023,04 | R\$ 5.551,47 | R\$ 17.042,36 |
| 9 | R\$ 0,65 | 2379472,229 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 2.726,76 | R\$ 1.545.406,24 | R\$ 5.551,47 | R\$ 17.805,86 |
| 10 | R\$ 0,69 | 2365195,395 | R\$ 3.851,90 | R\$ 22.418,00 | R\$ 720,00 | R\$ 2.917,63 | R\$ 1.643.663,17 | R\$ 5.551,47 | R\$ 18.603,56 |
| 11 | R\$ 0,74 | 2351004,223 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.121,87 | R\$ 1.748.167,27 | R\$ 5.551,47 | R\$ 19.437,00 |
| 12 | R\$ 0,80 | 2336898,198 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.340,40 | R\$ 1.859.315,75 | R\$ 5.551,47 | R\$ 20.307,77 |
| 13 | R\$ 0,85 | 2322876,808 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.574,23 | R\$ 1.977.531,04 | R\$ 5.551,47 | R\$ 21.217,56 |
| 14 | R\$ 0,91 | 2308939,547 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 3.824,42 | R\$ 2.103.262,47 | R\$ 5.551,47 | R\$ 22.168,11 |
| 15 | R\$ 0,97 | 2295085,91 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 4.092,13 | R\$ 2.236.987,90 | R\$ 5.551,47 | R\$ 23.161,24 |
| 16 | R\$ 1,04 | 2281315,395 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 4.378,58 | R\$ 2.379.215,59 | R\$ 5.551,47 | R\$ 24.198,86 |
| 17 | R\$ 1,12 | 2267627,502 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 4.685,08 | R\$ 2.530.466,11 | R\$ 5.551,47 | R\$ 25.282,97 |
| 18 | R\$ 1,19 | 2254021,737 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 5.013,04 | R\$ 2.691.374,42 | R\$ 5.551,47 | R\$ 26.415,65 |
| 19 | R\$ 1,28 | 2240497,607 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 5.363,95 | R\$ 2.862.492,01 | R\$ 5.551,47 | R\$ 27.599,07 |
| 20 | R\$ 1,37 | 2227054,621 | R\$ 3.851,90 | R\$ 22.418,00 | R\$ 720,00 | R\$ 5.739,43 | R\$ 3.044.489,24 | R\$ 5.551,47 | R\$ 28.835,51 |
| 21 | R\$ 1,46 | 2213692,294 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 6.141,19 | R\$ 3.238.057,87 | R\$ 5.551,47 | R\$ 30.127,34 |
| 22 | R\$ 1,57 | 2200410,14 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 6.571,07 | R\$ 3.443.933,59 | R\$ 5.551,47 | R\$ 31.477,05 |
| 23 | R\$ 1,67 | 2187207,679 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 7.031,05 | R\$ 3.662.898,89 | R\$ 5.551,47 | R\$ 32.887,22 |
| 24 | R\$ 1,79 | 2174084,433 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 7.523,22 | R\$ 3.895.786,00 | R\$ 5.551,47 | R\$ 34.360,57 |
| 25 | R\$ 1,92 | 2161039,926 | R\$ 3.851,90 | | | R\$ 8.049,85 | R\$ 4.143.480,08 | R\$ 5.551,47 | R\$ 35.899,92 |

4.3.1.1 Resultados cenário Proposto Biogás-Solar para microgeração distribuída - autoconsumo remoto

O sistema proposto já projetado, instalado, comissionado, com todos os laudos, documentação de acesso a concessionária tem o valor de investimento estimado do projeto seria de R\$ 4.251,56 por KWp, totalizando R\$ 5.803.379,40.

Utilizando o valor da tarifa de R\$ 0,64 por kWh e sabendo que o consumo médio é de 8.597 kWh/mês, apenas de energia elétrica o local de estudo tem um custo médio mensal de R\$ 5.388,60. Com base nestes dados e também levando em consideração um reajuste tarifário de 7% ao ano e uma depreciação na geração de energia de 0,6% ao ano.

No na Tabela 11 e 12 podemos observar os principais parâmetros desse cenário e os cálculos para análise financeira.

Tabela 10: Resumo dos parâmetros

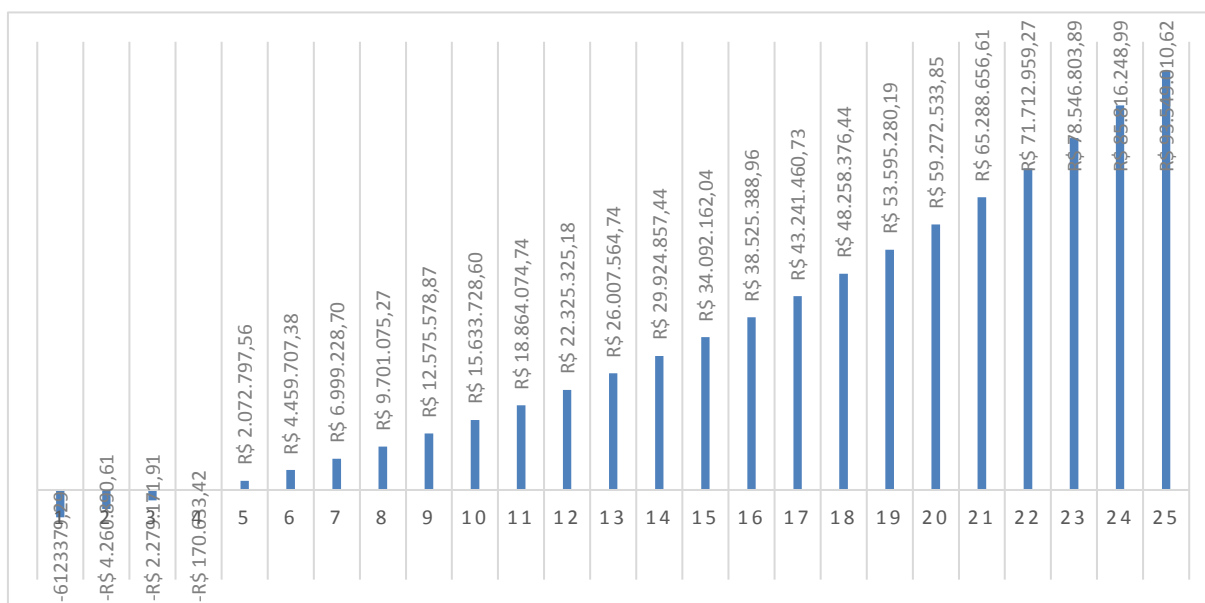
| Descrição dos Parâmetros | Valores |
|---|--|
| Consumo médio mensal da fazenda | 8.597 Kwh |
| Incidência Solar | 4,81 Kwh/M ² |
| Potência Mínima Necessária | 1.365 KWp |
| Área disponível | 7.281 m ² |
| Quantidade de Placas | 3.640 placas |
| Geração de energia elétrica por mês – total | 216.666,45 Kwh/mês |
| Geração de energia excedente | 208.069,45 Kwh/mês |
| Geração de energia elétrica excedente por ano | 2.496.833,40 Kwh/ano |
| Equivale a abastecer | 7.133 residências com consumo médio de 350 kwh por mês |

Tabela 11: Cálculos para análise financeira cenário biogás-solar para autoconsumo remoto

| PERIODO | FLUXO DE CAIXA | VPL | PAY BACK |
|----------------|-----------------------|-------------|--------------------|
| 0 | -R\$ 6.123.379,29 | -6123379,29 | -6123379,29 |
| 1 | R\$ 1.862.488,68 | 1757064,793 | -R\$ 4.260.890,61 |
| 2 | R\$ 1.981.718,70 | 1763722,589 | -R\$ 2.279.171,91 |
| 3 | R\$ 2.108.538,49 | 1770369,576 | -R\$ 170.633,42 |
| 4 | R\$ 2.243.430,98 | 1777007,462 | R\$ 2.072.797,56 |
| 5 | R\$ 2.386.909,82 | 1783637,868 | R\$ 4.459.707,38 |
| 6 | R\$ 2.539.521,32 | 1790262,324 | R\$ 6.999.228,70 |
| 7 | R\$ 2.701.846,57 | 1796882,282 | R\$ 9.701.075,27 |
| 8 | R\$ 2.874.503,59 | 1803499,116 | R\$ 12.575.578,87 |
| 9 | R\$ 3.058.149,73 | 1810114,128 | R\$ 15.633.728,60 |
| 10 | R\$ 3.230.346,14 | 1803808,413 | R\$ 18.864.074,74 |
| 11 | R\$ 3.461.250,44 | 1823343,555 | R\$ 22.325.325,18 |
| 12 | R\$ 3.682.239,55 | 1829960,247 | R\$ 26.007.564,74 |
| 13 | R\$ 3.917.292,70 | 1836579,679 | R\$ 29.924.857,44 |
| 14 | R\$ 4.167.304,61 | 1843202,847 | R\$ 34.092.162,04 |
| 15 | R\$ 4.433.226,91 | 1849830,697 | R\$ 38.525.388,96 |
| 16 | R\$ 4.716.071,77 | 1856464,127 | R\$ 43.241.460,73 |
| 17 | R\$ 5.016.915,72 | 1863103,988 | R\$ 48.258.376,44 |
| 18 | R\$ 5.336.903,74 | 1869751,089 | R\$ 53.595.280,19 |
| 19 | R\$ 5.677.253,67 | 1876406,2 | R\$ 59.272.533,85 |
| 20 | R\$ 6.016.122,76 | 1875855,513 | R\$ 65.288.656,61 |
| 21 | R\$ 6.424.302,66 | 1889743,336 | R\$ 71.712.959,27 |
| 22 | R\$ 6.833.844,63 | 1896426,715 | R\$ 78.546.803,89 |
| 23 | R\$ 7.269.445,10 | 1903120,818 | R\$ 85.816.248,99 |
| 24 | R\$ 7.732.761,63 | 1909826,242 | R\$ 93.549.010,62 |
| 25 | R\$ 8.225.557,17 | 1916543,557 | R\$ 101.774.567,80 |

O *payback* simples do sistema se dá em 4 anos, cálculo esse que levou em consideração o reajuste tarifário e a depreciação do sistema, tornando assim o sistema viável para instalação. Levando em consideração um período de 25 anos o TIR médio é de 29% ao ano, e o VPL é de R\$ 39.815.763,96 VPL, com uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 0,6 % ao mês. No gráfico 6 podemos observar o fluxo de caixa do cenário em questão. Segue no fluxo de caixa no Gráfico 6.

Gráfico 6: Fluxo de caixa cenário biogás-solar para autoconsumo remoto



No quadro 13 são representados os principais resultados do cenário atual e dos dois cenários propostos.

Quadro 13: Resumo financeiros dos três cenários

| SISTEMA CENÁRIO ATUAL – BIODIGESTOR + CEMIG | | | | | | |
|---|-----------------------|--|--|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| NÚMERO DE SUÍNOS | ENRGIA GERADA POR MÊS | CONTA DE LUZ MÉDIA MENSAL | ECONOMIA MENSAL | | INVESTIMENTO + MANUTENÇÃO | TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO |
| 12.000 | 48.600 Kwh | R\$ 5.413,04 | R\$ 31.104,00 | | R\$ 1.013.575,69 | 1 ano |
| SISTEMA CENÁRIO PROPOSTO – BIOGÁS + SOLAR | | | | | | |
| POTÊNCIA DO PROJETO | QUANTIDADE DE PLACAS | CONTA DE LUZ MÉDIA MENSAL SEM FOTOVOLTAICA | CONTA DE LUZ MÉDIA MENSAL COM FOTOVOLTAICA | INVESTIMENTO + MANUTENÇÃO TOTAL | | TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO |
| 59,25 kWp | 158 | R\$ 5.413,04 | R\$ 132,25 | BIODIGESTOR | FOTOVOLTAICA | 7 anos |
| | | | | R\$ 1.013.575,69 | R\$ 358.578,54 | |
| SISTEMA CENÁRIO PROPOSTO – BIOGÁS + SOLAR PARA AUTOCONSUMO REMOTO | | | | | | |
| POTÊNCIA DO PROJETO | QUANTIDADE DE PLACAS | CONTA DE LUZ MÉDIA MENSAL SEM FOTOVOLTAICA | CONTA DE LUZ MÉDIA MENSAL COM FOTOVOLTAICA | INVESTIMENTO + MANUTENÇÃO TOTAL | | TEMPO DE RETORNO DO INVESTIMENTO |
| 1.365 kWp | 3.640 | R\$ 5.413,04 | R\$ 132,25 | BIODIGESTOR | FOTOVOLTAICA | 4 anos |
| | | | | R\$ 1.013.575,69 | R\$ 5.948.463,88 | |

5. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu analisar e compreender a importância do investimento em energias renováveis através da comparação de três cenários incluindo a utilização de duas fontes de energia, o biogás e a energia fotovoltaica. O trabalho permitiu demonstrar qual dos cenários se mostram um melhor investimento para o cliente, tanto em termos financeiros, tecnologia aplicada e parâmetros ambientais.

A análise focou-se na capacidade de geração de energia elétrica tendo como fonte o biogás e fotovoltaica. Sendo assim, informações da edificação, orientação solar, capacidade de irradiação (HSP), perdas nos sistemas, quantidade de animais na propriedade, área necessária e disponível, sistema já em operação e suas fases foram analisadas. Neste sentido, os três cenários analisado foram considerados viáveis.

Como foi visto, considerando o cenário atual composto apenas pelo biodigestor ficou claro que apesar da viabilidade da implantação do biodigestor, o cliente ainda tem custos altos com manutenção do sistema que nos 25 anos totalizam R\$ 1.004.638,27 além de ainda arcar com de R\$ 5.413,04 com faturas de energia elétrica em média por mês. O *payback* simples do sistema, considerando apenas o custo inicial se dá em 1 ano. O cálculo esse que levou em consideração o reajuste tarifário e tornando assim o sistema viável para instalação. Levando em consideração um período de 25 anos o TIR médio é de 8,75 % ao ano, e o VPL é de R\$ 9.096.141,83. Neste sentido, pode-se concluir que este cenário se mostra viável quando avaliado apenas em seu aspecto econômico. Porém, no aspecto técnico os resultados mostram-se inconsistentes pois os custos com mão de obra e manutenção são exorbitantes e poderiam ser utilizados para outros fins. Além disso, segundo Venâncio (2014), cabe ressaltar que, os biodigestores estão assoreados e não estão trabalhando na sua potência máxima, resultando em baixa eficiência na redução da carga orgânica devido ao tempo de retenção hidráulica que se mostrou insuficiente. Diante do exposto, foram propostos dois cenários: O cenário biogás-solar e outro cenário considerando a opção de se gerar créditos para que possam ser utilizados em outras localidades. O cenário biogás-solar apresentou um *payback* de 7 anos um TIR médio de 10 % ao ano, e o VPL de R\$ 1.036.688,47, ou seja, o valor, no presente, que estará em caixa, já descontado o valor do investimento, com uma taxa mínima de atratividade (TMA) de 0,6 % ao mês.

Já o cenário biogás-solar para geração de créditos resultou em um *payback* de 4 anos com um TIR médio de 29 % ao ano, com VPL de R\$ 39.815.763,96. Retirando a demanda da fazenda de 8.597 Kwh para estariam disponíveis 208.069,45 kwh para geração de créditos.

Os dois sistemas propostos mostram-se viáveis economicamente. O mais interessante deles é o sistema que propõe a exploração da modalidade de autoconsumo remoto, pois além de apresentar melhores resultados no que diz respeito aos parâmetros financeiros analisados, resultam em um menor tempo de *payback*.

A granja estudada demonstrou um enorme potencial para aplicação da prática de produção distribuída e além disso um outro fator favorável é o fato de produtores rurais conseguirem taxas de juros diferenciadas facilitando assim o financiamento de um sistema desse porte. O autoconsumo remoto pode ser utilizado com várias combinações de conexões entre as unidades consumidoras para se obter um sistema fotovoltaico mais eficiente como no exemplo da fazenda pode ser utilizado na residência do dono da fazenda e nas outras propriedades que ele possui. Sendo assim, pode-se concluir que a implantação desse sistema acarretará em benefícios tanto ao consumidor final, quanto ao sistema elétrico nacional, além de diversificar a matriz energética, e impulsionar o desenvolvimento tecnológico das industriais nacionais ao gerar uma nova cadeia produtiva, que por consequência traz emprego, renda e desenvolvimento econômico nacional.

Como projetos futuros sugere-se:

- Estudar com maior riqueza de detalhes e parâmetros técnicos para implantação do sistema fotovoltaico utilizando o autoconsumo remoto para as propriedades do dono da Granja São Francisco;
- Aliar os resultados do presente estudo com os resultados encontrados no estudo Venâncio (2014) e analisar a possibilidade da utilização da economia obtida com a distribuição de energia elétrica para que se possa investir em um sistema de tratamento da lagoa de estabilização onde são direcionados os efluentes do biodigestor;
- Aliar os resultados do presente estudo com os resultados encontrados no estudo Martins (2017) e analisar a possibilidade da utilização da economia obtida com a distribuição de energia elétrica para que se possa investir na construção de gasodutos, como projeto piloto para utilizar os resíduos do biodigestor em alto fornos de metalúrgicas próxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR – **Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica**. Brasil solar *power* é lançado em novembro de forte crescimento da fonte no país. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa nº 482**, 17 de abril de 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Caderno Temático de Micro e Minigeração Distribuída**. Brasília: Aneel, 2016.

AGRO, IBGE Censo dados preliminares. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2017.

AISSE, M. M.; OBLADEN, N. L. **Tratamento de esgotos por biodigestão anaeróbia**. Curitiba: CNPq. ITAH/IPPUC, PUCPR, p.99. 1982.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência – filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2006.

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2003.

ASSAF NETO, A.; **Matemática financeira e suas aplicações**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

BARBOSA, G. L. M. (2011). **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental**. *Unoesc & Ciência-ACSA*, 2(1), v. 2, n. 1, p. 87-96, 2011. Disponível em: <<https://editora.unoesc.edu.br/index.php/acsa/article/view/864>> acessado em: 11 maio.2019.

BLEY, C. **A suinocultura e o meio ambiente**. **Encontros Técnicos ABRAVES**. Santa Catarina: [s.n.]. 2009. p. 9.

- BRAGA, J. **Fundamentos e técnicas da administração financeira**. São Paulo: Atlas, 1989.
- CASAROTTO F. N.; *et al.* **Análise de investimentos**. São Paulo: Atlas, 1998.
- CASTANÓN, N. J. B. **Biogás, originado a partir dos rejeitos rurais. Trabalho apresentado na disciplina: Biomassa como Fonte de Energia - Conversão e utilização**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. 66 p.
- CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG), 1997. 246p.
- CHITOLINA, R. A. **Metodologia para dimensionamento de sistema fotovoltaico na modalidade de autoconsumo remoto – estudo de caso Florianópolis**. 2017. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC, 2017.
- COELHO, Suani Teixeira. **Biogás, originado a partir de rejeitos rurais**, São Paulo – SP. 2003.
- COMASTRI, J. A. **Biogás: Independência energética do Pantanal Mato-Grossense**. EMBRAPA. Corumbá, p. 53. 1981.
- COSTA, D.F. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto**. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- ENERGÉTICA, EPE EMPRESA DE PESQUISA. **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: Relatório síntese, ano base 2018**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2019.
- FERRAREZ, A. H. **Análise da viabilidade do uso de biogás como fonte energética na cadeia produtiva de frango de corte na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2009. 129f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2009.

FRIGO, K. D. A.; et al. **Biodigestores: seus modelos e aplicações**. Cascavel, 2015, 57-65, 2316- 4093.

GALDINO, M. A; *et.al*; **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. 530 p. Grupo de trabalho de energia solar, CEPEL, CRESESB, Rio de Janeiro, 2014.

GASPAR. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR**, 2003.

GAZOLI, J et al. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Erica, 2012.

GEPEA. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnicoeconômica.2014**.Disponívelem:<http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf>. Acesso em 03 fev. 2020.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira: essencial**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 10. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2002

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da pecuária Municipal**. Prod. Pec. Munic. 2019.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Mensal do Comércio. PMC**. 2018

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Global Warming of 1.5° C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018.

JARDINI, M. G. M.; *et al.* **O uso de imagens georreferenciadas para a gestão de uso e ocupação de faixas de linhas de transmissão.** Anais. São Paulo: ANEEL, 2003.

KUNZ, A.; *et al.* **Tecnologias de Manejo e Tratamento de Dejetos de Suínos Estudadas no Brasil,** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005.

LAMAISON, F. do C. **Aplicação da água residuária do processamento da mandioca como substrato para a produção de hidrogênio por processo fermentativo.** 2009. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis.

MAGALHÃES, A. P. T. **Biogás: um projeto de saneamento urbano.** São Paulo: Nobel, 1986.

MARTINS, M. E. **Potencial de utilização do Biogás como combustível auxiliar em altos fornos brasileiros.** 2017.

MARTINS, F. M.; *et al.* Conjuntura econômica da suinocultura brasileira. **Embrapa Suínos e Aves-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA- E),** 2019.

MASSON, G. *et al.* A Snapshot of Global PV Markets-The Latest Survey Results on PV Markets and Policies from the IEA PVPS Programme in 2017. In: **2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC) (A Joint Conference of 45th IEEE PVSC, 28th PVSEC & 34th EU PVSEC).** IEEE, 2018. p. 3825-3828.

MATAVELLI, A. C; **Energia Solar; geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas;** universidade de São Paulo: Escola de engenharia de Lorena – EEL USP; Lorena – SP, 2013.

MIRANDA, F. *et al.* **Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão.** Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014.

MITO, JY de L. *et al.* **Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil.** Embrapa Suínos e Aves-Documents (INFOTECA-E), 2018.

MORAES, L. M. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de lodos de esgotos provenientes de reatores anaeróbios sequenciais.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Área de concentração de Água e Solo), Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2005.

MOURA, J.P. **Estudos das rotas tecnológicas para produção de biogás e da influência da composição química de dejetos de matrizes suínas na qualidade do biogás gerada por biodigestor.** 2012. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2012_1/rota/index.htm>. Acesso em 05 out. 2018.

NISHIMURA, R. **Análise De Balanço Energético De Sistema De Produção De Biogás. Em Granja De Suínos: Implementação De Aplicativo Computacional.**f.84. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão, a alternativa energética.** São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVEIRA, P. A. V. **Uso racional da água na suinocultura.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002a. Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: treinamento, p. 63-71, 2002.

OLIVEIRA, P. A. V. **Projeto de biodigestores e estimativa de produção de biogás em sistema de produção.** Embrapa Suínos e Aves, 2005.

PALHARES, J. C. P. **Biodigestão Anaeróbia de Dejetos de Suínos: Aprendendo com o Passado Para Entender o Presente e Garantir o Futuro.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. Brasília, 2008.

PINHO, J. T.; *et al.* **Marco Antônio. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, v. 1, p. 47-499, 2014.

PUCCINI, A. de L. **Matemática financeira e análise de investimentos**. Ed. Beta, 2011

RIBEIRO, L. A. S. *et al.* **Projeto sistema híbrido de geração elétrica sustentável para a ilha de Lençóis, Município de Cururupu - MA**. Relatório de acompanhamento técnico, 2008.

RUTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas a rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis, SC: Labsolar, 2004.

SILVA, E. L.; *et al.* **Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação**. 3^a ed., Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, laboratório de ensino à distância, Florianópolis, 2001.

SOUZA, J. R. P. S. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações para o Ensino Médio**. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado). UFPA, Pará.

SOUZA, L. J. **Construção e operação de biodigestores**. Viçosa-MG, CTP, 2009.

SOUZA, A.; *et al.* **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

STEINHAUSER, A. **Biogas from waste and renewable resources: an introduction**. Weinheim- Germany: Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.

THOMAZ, C. A. E. **Projeto sonda-rede nacional de estações para coleta de dados meteorológicos aplicados ao setor de energia**. In *I Congresso Brasileiro de Energia Solar* 2007.

TORRES, D. G. B. *et al.* **Células fotovoltaicas: desenvolvimento e as três gerações**. Revista Técnico-Científica, n. 17, 2019.

TURRIONI, J. B.; *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá. Itajubá: UNIFEI, 2012.

VAN HAANDEL, Adrianus; *Et al.* **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente**. 1994.

VENANCIO, A. **Estudo da eficiência de um biodigestor – Estudo de caso**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto. Brasil.

VIANNA, R. de M. I. **Matemática Financeira**. Salvador: UFBA, Faculdade de Ciências Contábeis; Superintendência de Educação a Distância, 2018.

WESTON, J. F; *et al.* **Fundamentos da Administração Financeira**. 10^a ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: *Bookman*, 2001.

ANEXO I – CONTAS DE ENERGIA DA GRANJA



CEMIG Distribuição S.A. CNPJ 06.961.102/0001-10 - Rua Sarmal 605, 222-10-0001
Av. Antônio Prado - 1301 - 13º andar - Av. 91 - CEP: 31.001-110 - Belo Horizonte - MG

Acesse o Cemig Atende
www.cemigatende.com.br
Fale com o Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810
Tabela Tarifária Energia Elétrica - TSEE foi criada pelo
LCP nº 10.438 de 27 de outubro de 2012.

| | | | |
|---|---|--|--|
| FERNANDO GOMES MARTINS GRANJA SAO FRANCISCO 99999 SI AREA RURAL 35439-000 ORATORIOS, MG CPF 372.854.326-87 | Nº DO CLIENTE 7003681954 | Nº DA INSTALAÇÃO 3010552943 | |
| | Referente a DEZ/2019 | Vencimento 27/01/2020 | Valor a pagar (R\$) 1.812,38 |

2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

| Classe | Subclasse | Modalidade Tarifária | Datas de Leitura | | | Data de Emissão |
|------------|--------------|----------------------|------------------|-------|---------|-----------------|
| Rural | Agropecuária | Convencional B2 | Anterior | Atual | Próxima | 16/12/2019 |
| Monofásico | Rural | | 18/11 | 16/12 | 16/01 | |

| Informações Técnicas | | | | | |
|----------------------|--------------|-----------------|--------------|----------------------------|-------------|
| Tipo de Medição | Medição | Letura Anterior | Letura Atual | Constante de Multiplicação | Consumo kWh |
| Energia kWh | AJK134006083 | 94.008 | 96.674 | 1 | 2.666 |

| Informações Gerais | Valores Faturados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--------------------|-------------|--------------------|-------------|----------------------|-------|------------|----------|---------------------------|--|--|--|--------------------------------|--|--|--------|---------------------------------|--|--|--|-------------------------|--|--|---------|---|--|--|--|----------------------|--|------------|--|---|--|--|--|------------------|--|--|-------|-------------------|--|--|-------|
| Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.550, de 21/05/2019. Pela legislação tributária, os descontos a que se refere o Decreto Federal 7.891/13 também integram a base de cálculo do ICMS, PASEP e COFINS. Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br Letura informada pelo cliente NOV/2019 Band. Verm. P1 - DEZ/2019 Band. Amarela | <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 30%;">Descrição</th> <th style="width: 15%;">Quantidade</th> <th style="width: 15%;">Tarifa/Preço (R\$)</th> <th style="width: 15%;">Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td style="text-align: right;">2.666</td> <td style="text-align: right;">0,63906432</td> <td style="text-align: right;">1.703,72</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Encargos/Cobranças</td> </tr> <tr> <td>Dif. recálculo tarifa integral</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">510,70</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Abatimentos e Devoluções</td> </tr> <tr> <td>Subsídio tarifa líquida</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">-402,04</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Tarifas Aplicadas (sem impostos)</td> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td></td> <td style="text-align: right;">0,50307143</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</td> </tr> <tr> <td>Bandeira Amarela</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">25,98</td> </tr> <tr> <td>Bandeira Vermelha</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">60,50</td> </tr> </table> | Descrição | Quantidade | Tarifa/Preço (R\$) | Valor (R\$) | Energia Elétrica kWh | 2.666 | 0,63906432 | 1.703,72 | Encargos/Cobranças | | | | Dif. recálculo tarifa integral | | | 510,70 | Abatimentos e Devoluções | | | | Subsídio tarifa líquida | | | -402,04 | Tarifas Aplicadas (sem impostos) | | | | Energia Elétrica kWh | | 0,50307143 | | Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar | | | | Bandeira Amarela | | | 25,98 | Bandeira Vermelha | | | 60,50 |
| Descrição | Quantidade | Tarifa/Preço (R\$) | Valor (R\$) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energia Elétrica kWh | 2.666 | 0,63906432 | 1.703,72 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Encargos/Cobranças | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dif. recálculo tarifa integral | | | 510,70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abatimentos e Devoluções | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Subsídio tarifa líquida | | | -402,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tarifas Aplicadas (sem impostos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energia Elétrica kWh | | 0,50307143 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bandeira Amarela | | | 25,98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bandeira Vermelha | | | 60,50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Histórico de Consumo | | | |
|----------------------|-------------|---------------|-----|
| MÊS/ANO | CONSUMO kWh | MÉDIA kWh/Dia | Dia |
| DEZ19 | 2.666 | 95,21 | 26 |
| NOV19 | 3.770 | 114,24 | 33 |
| OUT19 | 3.204 | 110,48 | 29 |
| SET19 | 3.982 | 124,43 | 32 |
| AGO19 | 3.560 | 114,83 | 31 |
| JUL19 | 3.502 | 109,43 | 32 |
| JUN19 | 3.462 | 119,37 | 29 |
| MAY19 | 3.616 | 120,53 | 30 |
| ABR19 | 2.371 | 84,67 | 28 |
| MAR19 | 2.207 | 68,96 | 32 |
| FEB19 | 3.094 | 103,13 | 30 |
| JAN19 | 3.064 | 95,75 | 32 |
| DEZ18 | 2.702 | 93,17 | 29 |

Reservado ao Fisco
SEM VALOR FISCAL

| Base de cálculo (R\$) | Alíquota (%) | Valor (R\$) |
|-----------------------|--------------|-------------|
| ICMS | - | - |
| PASEP | - | - |
| COFINS | - | - |

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefone fixo e móvel

| | | | |
|--|--|--|--|
| Código de Débito Automático 008003548537 | Instalação 3010552943 | Vencimento 27/01/2020 | Total a pagar R\$1.812,38 |
| 83660000018-3 12380138004-9 51138773733-7 08003548537-6 Dezembro/2019 | | | |





Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.961.827/0001-16 - Rua Tancredo 600, 222 - 13.007
 Av. Antônio Prado - 13.007 - Belo Horizonte - MG - CEP 31260-010 - Fone: (51) 4100-0000

Acesse o Cemig Atende
www.cemigatende.com.br

Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810
 Tarifa Redução Energia Básica - TAREBA - Incluído por Lei nº 10.438 de 25 de abril de 2002

| | | |
|--|---|--|
| FERNANDO GOMES MARTINS GRANJA SAO FRANCISCO 99999 PT 38 AREA RURAL 35439-000 CRATORIOS, MG CPF 372.854.326-87 | Nº DO CLIENTE 7003681954 | Nº DA INSTALAÇÃO 3004220067 |
| | Referente a DEZ/2019 | Vencimento 08/01/2020 |

2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

| | | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|
| Classe Rural Trifásico | Subclasse Agropecuária Rural | Modalidade Tarifária Convencional B2 | Datas de Leitura Anterior 18/11 Atual 16/12 Próxima 16/01 | Data de Emissão 16/12/2019 |
|-------------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|

| Informações Técnicas | | | | |
|----------------------|--------------|------------------|---------------|-------------|
| Tipo de Medição | Medição | Leitura Anterior | Leitura Atual | Consumo kWh |
| Energia kWh | ARC156008565 | 14.202 | 16.928 | 2.726 |

Informações Gerais
 Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.550, de 21/05/2019.
 Pela legislação tributária, os descontos a que se refere o Decreto Federal 7.891/13 também integram a base de cálculo do ICMS, PASEP e COFINS.
 Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c.
 O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.
 Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.
 É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local.
 Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br
 Leitura informada pelo cliente
 NOV/2019 Band. Verm. P1 - DEZ/2019 Band. Amarela

| Valores Faturados | | | |
|---|------------|--------------------|-------------|
| Descrição | Quantidade | Tarifa/Preço (R\$) | Valor (R\$) |
| Energia Elétrica kWh | 2.726 | 0,63906432 | 1.742,07 |
| Encargos/Cobranças | | | |
| Dif. recálculo tarifa integral | | | 522,19 |
| Abatimentos e Devoluções | | | |
| Subsídio tarifa líquida | | | -411,08 |
| Compensação DMIC - 10/2019 | | | -61,49 |
| Tarifas Aplicadas (sem impostos) | | | |
| Energia Elétrica kWh | | 0,50307143 | |
| Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar | | | |
| Bandeira Amarela | | | 26,56 |
| Bandeira Vermelha | | | 61,85 |

| Histórico de Consumo | | | |
|----------------------|-------------|---------------|------|
| MÊS/ANO | CONSUMO kWh | MÉDIA kWh/Dia | Dias |
| DEZ19 | 2.726 | 97,35 | 28 |
| NOV19 | 1.177 | 35,66 | 33 |
| OUT19 | 754 | 26,00 | 29 |
| SET19 | 875 | 27,34 | 32 |
| AGO19 | 1.921 | 61,96 | 31 |
| JUL19 | 3.811 | 119,09 | 32 |
| JUN19 | 2.916 | 100,55 | 29 |
| MAY19 | 3.413 | 113,76 | 30 |
| ABR19 | 1.585 | 56,60 | 28 |
| MAR19 | 3.135 | 97,96 | 32 |
| FEV19 | 3.562 | 118,73 | 30 |
| JAN19 | 4.119 | 128,71 | 32 |
| DEZ18 | 1.466 | 50,55 | 29 |

| Reservado ao Fisco | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|-------------|
| SEM VALOR FISCAL | | | |
| | Base de cálculo (R\$) | Alíquota (%) | Valor (R\$) |
| ICMS | - | - | - |
| PASEP | - | - | - |
| COFINS | - | - | - |

Central de Atendimento: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 187 - Ligação gratuita de telefone fixo e móvel

| | | | |
|---|--|--|--|
| Código de Débito Automático 000042200675 | Instalação 3004220067 | Vencimento 08/01/2020 | Total a pagar R\$1.791,69 |
|---|--|--|--|

83680000017-3 91690138007-8 61048180433-0 00042200675-9 Dezembro/2019

ATENÇÃO:
DÉBITO AUTOMÁTICO





Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.961.827/0001-16 - Rua Tancredo 600, 222 - 12.000
 Av. Antônio Carlos - 1306 - 13.120-000 - CEP 13.120-000 - São Carlos - MG

Accesse o Cemig Atende
www.cemigatende.com.br

Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810
 Tarifa Reduzida Energia Básica - TAREFALR incluído por
 Lei nº 10.438 de 25 de abril de 2002

| | | |
|---|---|--|
| FERNANDO GOMES MARTINS RR001-00176-PT 38 RR RURAIS EPAMIG 9999 PT 38 EPAMIG 35439-000 ORATORIOS, MG CPF 372.854.326-87 | Nº DO CLIENTE 7003681954 | Nº DA INSTALAÇÃO 3004974008 |
| | Referente a DEZ/2019 | Vencimento 08/01/2020 |

2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

| | | | | |
|-------------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|
| Classe Rural Trifásico | Subclasse Agropecuária Rural | Modalidade Tarifária Convencional B2 | Datas de Leitura Anterior 18/11 Atual 16/12 Próxima 16/01 | Data de Emissão 16/12/2019 |
|-------------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|

| Informações Técnicas | | | | |
|----------------------|--------------|----------------------------|---------------|-------------|
| Tipo de Medição | Medição | Leitura Anterior | Leitura Atual | Consumo kWh |
| Energia kWh | BMD965001380 | 35.475 | 35.551 | 3.040 |
| | | Constante de Multiplicação | | 40 |

Informações Gerais
 Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.550, de 21/05/2019.
 Pela legislação tributária, os descontos a que se refere o Decreto Federal 7.891/13 também integram a base de cálculo do ICMS, PASEP e COFINS.
 Considerar nota fiscal quitada após débito em sua c/c.
 O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.
 Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.
 É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local.
 Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br
 Leitura informada pelo cliente
 NOV/2019 Band. Verm. P1 - DEZ/2019 Band. Amarela

| Valores Faturados | | | |
|---|------------|--------------------|-------------|
| Descrição | Quantidade | Tarifa/Preço (R\$) | Valor (R\$) |
| Energia Elétrica kWh | 3.040 | 0,63906432 | 1.942,74 |
| Encargos/Cobranças | | | |
| Dif. recálculo tarifa integral | | | 582,35 |
| Abatimentos e Devoluções | | | |
| Subsídio tarifa líquida | | | -458,43 |
| Compensação DMIC - 10/2019 | | | -257,69 |
| Tarifas Aplicadas (sem impostos) | | | |
| Energia Elétrica kWh | | 0,50307143 | |
| Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar | | | |
| Bandeira Amarela | | | 29,62 |
| Bandeira Vermelha | | | 68,98 |

| Histórico de Consumo | | | |
|----------------------|-------------|---------------|-----|
| MÊS/ANO | CONSUMO kWh | MÉDIA kWh/Dia | Dia |
| DEZ19 | 3.040 | 108,57 | 28 |
| NOV19 | 3.440 | 104,24 | 33 |
| OUT19 | 3.160 | 108,96 | 29 |
| SET19 | 4.400 | 137,50 | 32 |
| AGO19 | 4.960 | 160,00 | 31 |
| JUL19 | 1.600 | 50,00 | 32 |
| JUN19 | 2.760 | 95,17 | 29 |
| MAY19 | 2.760 | 92,00 | 30 |
| ABR19 | 1.760 | 62,85 | 28 |
| MAR19 | 2.280 | 71,25 | 32 |
| FEV19 | 3.000 | 100,00 | 30 |
| JAN19 | 4.160 | 130,00 | 32 |
| DEZ18 | 1.800 | 62,06 | 29 |

| Reservado ao Fisco | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------------|-------------|
| SEM VALOR FISCAL | | | |
| | Base de cálculo (R\$) | Alíquota (%) | Valor (R\$) |
| ICMS | - | - | - |
| PASEP | - | - | - |
| COFINS | - | - | - |

Central de Atendimento ao Cliente: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefone fixo e móvel

| | | | |
|---|--|--|--|
| Código de Débito Automático 000049740087 | Instalação 3004974008 | Vencimento 08/01/2020 | Total a pagar R\$1.808,97 |
|---|--|--|--|

83680000018-1 08970138000-1 37007573133-8 00049740087-9 Dezembro/2019

ATENÇÃO:
DÉBITO AUTOMÁTICO



APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO

Informações Gerais sobre a Granja

As informações aqui relatadas serão utilizadas unicamente para fins de pesquisa

Nome da Granja/Propriedade

GRANJA SÃO FRANCISCO

Nome do Proprietário

FERNANDO GOMES MARTINS

Nome e Cargo do entrevistado

ELTON EGÍDIO RAPHAEL (GERENTE)

Endereço completo

RODOVIA PONTE NOVA A ORATORIOS LMG-828

Área total da propriedade?

47

Qual a área de telhado?

14.562m²

Qual o tipo de telhado?

- Telha Metálica duas águas
- Telha Metálica mais de duas águas
- Colonial
- Outro: _____

Quantos colaboradores trabalham na granja atualmente?

32 COLABORADORES _____

Atividades desenvolvidas

Quais as atividades desenvolvidas na propriedade?

- Plantação
- Suinocultura
- Produção de Biogás
- Produção de Ração
- Produção de Biofertilizantes
- Outro: PRODUÇÃO DE BIOGÁS, RAÇÃO E BIOFERTILIZANTES _____

Para as atividades marcais acima, a quanto tempo são praticadas?

1994 _____

Qual o tipo de biodigestor instalado na propriedade?

- Modelo Chinês
- Modelo Canadense
- Modelo Indiano
- Outro: _____

Quantos biodigestores tem instalado propriedade?

- Um
- Dois
- Três
- Quatro ou mais

Qual o volume suportado pelo biodigestor(s)?

2376m³ por cupula _____

Há quanto tempo foi instalado o(s) biodigestor (es) na propriedade?

- Menos de um ano
- 2 anos
- 3 anos
- 4 anos
- 5 ou mais

A propriedade é considerada de porte:

- Pequeno Porte (até 500 animais)
- Médio Porte (de 500 a 600 animais)
- Grande Porte (de 600 a mais animais)

Qual o sistema de produção:

- CC - Ciclo Completo
- UPL - Produtor de Leitões
- CT - crescimento + terminação
- CH - Crecheiro

Quantos animais possuem na granja de cada fase e os mesmos ocupam quantas salas e/ou baias?

(REPRODUÇÃO - 720 GAIOLAS - 3 GALPÕES) - (MATERNIDADE - 17 SALAS - 170 GAIOLAS) - (CRECHE - 11 SALAS DE 240 ANIMAIS + 7 SALAS DE 120 ANIMAIS) - (TERMINAÇÃO - 4 GALPÕES - 190 BAIAS DE 40 ANIMAIS)

Qual a quantidade de dejetos líquidos e sólidos gerados na propriedade por dia?

45.000LT

O biodigestor foi construído com recursos financeiros:

- Próprios
- Sistema de Comodato;parceria
- Financiado por instituições financeiras
- Outro: INSTALADO PELA AG7

O(s) biodigestor(s) encontra-se em qual estado de conservação?

- Funcionando em plenas condições
- Encontra-se desativado

Os colaboradores receberam treinamento para o manuseio do biodigestor?

- Sim
- Não

Se sim de quem?

- Emater
- Fepam
- Própria empresa que instalou
- Instituições de ensino
- Outro: _____

Qual o tempo de mão de obra disponível para manejar o biodigestor por dia?

- 1 hora
- 30 minutos
- 20 minutos
- não há manejo diariamente
- Outro: _____

Possui visita técnica periódica?

- sim
- não

Números de visitas ao produtor para manutenção de processos de biodigestão e do biodigestor:

- Visita Semanal
- Visita Mensal
- Visita semestral
- Outro: _____

A agitação do dejetos dentro do biodigestor é realizada com que frequência?

1 vez por semana

2 vezes por semana

de 15 em 15 dias

1 vez por mês

Outro: NÃO FAZ

A remoção do lodo dentro do biodigestor é realizada com que frequência?

1 vez por semana

2 vezes por semana

de 15 em 15 dias

1 vez por mês

Outro: LIMPEZA A CADA 10 ANOS

Toda a produção de dejetos da propriedade é destinada ao biodigestor?

Sim

Não

Existe demanda na propriedade para todo o biofertilizante produzido?

Sim

Não

Caso "não" o que é feito com o biofertilizante que sobra?

Repassado para outras propriedades ou empresas vizinhas

Lançado no meio ambiente

Qual a média de gastos com manutenção do biodigestor?

R\$400,00

Referente ao biogás como é utilizado?

Aquecimento de Água

Uso em fogão

Aquecimento nas instalações

Produção de energia elétrica para consumo

Produção de energia para venda

Queima de energia em altas temperaturas para geração de créditos de carbono

Liberado para atmosfera sem queima

Outro: _____

Caso "não" qual o percentual médio destinado ao biodigestor?

- 10% a 20%
- 21% a 40%
- 41% a 60%
- 61% a 80%
- 81% a 100%

Referente ao biofertilizante existe esterqueiras de decantação , lagoas facultativas após o dejetos passar pelo processo de biodigestão?

- Sim
- Não

A que distancia o biodigestor e possíveis lagoas de depósito ficam da estrada principal?

- 1 a 50 metros
- 51 ou mais metros

O biofertilizante é destinado para:

- Adubação de Hortas
- Adubação de Lavouras

Se for utilizado para aquecimento nas instalações, qual equipamento é utilizado?

- Campânulas
- Gerador com Produção de ar quente
- Queimado para geração de calor de forma arcaica
- Outro: _____

Qual o tempo de utilização em horas e a potência dos equipamentos utilizados na granja?

1 GERADOR 24 HORAS O OUTRO 8 HORAS - COM CAPACIDADE DE 75KVA CADA UM.

Qual a quantidade de diesel é consumida no caminhão de puxar ração e no trator?

268LT MENSAL

Quantos geradores tem na granja?

- Um
- Dois
- Mais de dois

Qual a marca?

NÃO TEM MARCA MUITO ANTIGO

Qual a potencia do(s) gerador(es)?

75KVA

Qual o tempo de utilização em horas por dia e a potência do(s) gerador(es)?

1 GERADOR 24 HORAS O OUTRO 8 HORAS - COM CAPACIDADE DE 75KVA CADA UM

Qual o tempo de parada para manutenção?

02:30HS